

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
MUSEU DE ARQUEOLOGIA E ETNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUEOLOGIA

MODELAGENS ARQUEOLÓGICAS NO LITORAL SUL CATARINENSE:
SAMBAQUIANOS NA REGIÃO DA LAGOA DE IMARUÍ

HENRIQUE DE SENA KOZLOWSKI

SÃO PAULO

2023

HENRIQUE DE SENA KOZLOWSKI

MODELAGENS ARQUEOLÓGICAS NO LITORAL SUL CATARINENSE:
SAMBAQUIANOS NA REGIÃO DA LAGOA DE IMARUÍ

Versão Corrigida

A versão original encontra-se na biblioteca do MAE-USP

Tese apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Arqueologia do Museu de
Arqueologia e Etnologia da Universidade de
São Paulo para a obtenção do título de
Doutor em Arqueologia.



Orientador: Prof. Dr. Paulo DeBlasis

Co-orientador: Prof. Dr. Andreas Kneip

Linha de Pesquisa: Arqueologia e Ambiente

SÃO PAULO

2023

Autorizo a reprodução e divulgação integral ou parcial deste trabalho, por qualquer meioconvencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pelo Serviço de Biblioteca e Documentação,
MAE/USP, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Kozlowski, Henrique de Sena
Modelagens arqueológicas no litoral sul
catarinense: sambaquianos na região da Lagoa de
Imaruí / Henrique de Sena Kozlowski; orientador
Paulo DeBlasis; coorientador Andreas Kneip. -- São
Paulo, 2023.
185 p.

Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em
Arqueologia) -- Museu de Arqueologia e Etnologia,
Universidade de São Paulo, 2023.

1. Arqueologia Brasileira. 2. Sambaqui. 3.
Análise Espacial. 4. Modelagem baseada em agentes.
5. Arqueologia Digital. I. DeBlasis, Paulo, orient.
II. Kneip, Andreas, coorient. III. Título.

Bibliotecária responsável:

Monica da Silva Amaral - CRB-8/7681

Aos meus pais

AGRADECIMENTOS

Ainda que uma tese tenha apenas um só autor, ela não se faz sozinha. Há uma enorme rede de pessoas que estiveram presentes e que colaboraram, de alguma forma, para que este trabalho pudesse seguir e ser concluído. Fui muito feliz de poder ter o apoio de todas elas ao longo destes últimos anos.

Em primeiro lugar gostaria de agradecer à minha família: minha mãe Mari Stela, meu pai Luiz e meu irmão Alexandre. O apoio de vocês, desde sempre, foi fundamental para que eu pudesse chegar até aqui. Minha gratidão e amor por vocês é infinito. Eu agradeço também a Isabel, a minha companheira para a vida toda. Obrigado por todo o apoio, pelas conversas, risadas e carinho. Te amo muito.

Devo agradecer profundamente ao professor Paulo DeBlasis, meu orientador, por toda a disposição, pelas conversas, pelas oportunidades e pela amizade. Este trabalho jamais poderia ter sido concluído sem os inúmeros *insights* frutos de nossas discussões. Obrigado por ter me ajudado a conhecer e pensar o mundo sambaquiano, foi um grande prazer ter compartilhado estes momentos com você. Também agradeço ao professor Andreas Kneip, meu coorientador, que me ajudou tanto a pensar nos modelos e na programação. Sou muito grato pela sua ajuda para navegar em mares tão complexos como estes.

Sou muito grato também a todos os professores do MAE-USP que participaram de minha formação, especialmente as professoras Verônica Wesolowski e Ximena Villagrán. Fontes de inspiração para a minha vida acadêmica e cujas disciplinas me ajudaram muito a enxergar os caminhos que esta pesquisa poderia tomar quando ainda estava pensando – e repensando – o projeto. Agradeço imensamente aos professores Alex Martire e Astolfo Araújo pela participação na minha banca de qualificação. Seus comentários foram essenciais para amadurecer e olhar meu trabalho com novas perspectivas. Obrigado! Agradeço profundamente aos professores que compuseram a banca de defesa desta tese: Rita Scheel-Ybert, Grégoire Van Havre, Juliano Bitencourt Campos e Astolfo Araújo, as contribuições de vocês foram fundamentais para esta pesquisa. Sou muito grato também a todos os funcionários do MAE, que deram solução à tantas dúvidas sobre as burocracias acadêmicas desde o início de minha trajetória na pós-graduação.

Tenho que agradecer a todos os amigos que a arqueologia me proporcionou o prazer de conviver e compartilhar a amizade. Muito obrigado a todos os amigos da “5º

série B”: Daniela, Eliane, Jéssica, Kelly, Marcony e Rafael. As conversas e risadas foram fundamentais para minimizar os desesperos desses anos de doutorado. Sou também profundamente grato pela amizade da Fabiana Merencio e do Thiago Garganta, que estiveram sempre presentes para me ajudar no que der e vier. Para todos os meus amigos arqueólogos: sou fã número um do trabalho de vocês. Contem comigo para tudo!

Para além das amizades que surgiram com a vida acadêmica, devo agradecer também aos amigos que estiveram ao meu lado neste tempo todo: André, Arthur, Batuque, Berg, Bruno, Carlos, Danilo, Fabian, Felipe, Igor, Leonardo, Lívia, Lodi, Murillo, Nathan, Pedro, Raphael, Suse e Thaís. A amizade de vocês é inestimável, obrigado por tanto!

Agradeço ao CNPq pela concessão da bolsa de doutorado ao longo de todos estes quatro anos. Sou muito grato pela oportunidade, pois seria inviável a execução do projeto sem este apoio. Muito obrigado a todos heróis anônimos do *stackoverflow*, presentes para ajudar em todos os problemas e dúvidas relacionados à programação. Obrigado também à Alexandra Elbakyan pela luta em favor do acesso ao conhecimento científico. E um agradecimento final a todos os pesquisadores que se dispõem a responder dúvidas sobre sua produção acadêmica e a ajudar completos estranhos que entram em contato por e-mail.

Por fim, um muito obrigado a todos aqueles que estiveram presentes de alguma forma em minha vida nestes anos e que eu possa ter esquecido de mencionar neste breve texto.

RESUMO

A região do litoral sul catarinense tem a sua paisagem marcada por um grande conjunto de corpos d'água, decorrentes de processos geomorfológicos ao longo do Pleistoceno e Holoceno. Estas lagoas cercadas pelas planícies costeiras e relevos montanhosos formam a região conhecida como Complexo Lagunar Catarinense. Este local de encontro de biomas é ocupado por populações humanas há pelo menos 7500 anos AP, identificado através da presença de registros arqueológicos de populações sambaquieiras, Jê e Guarani. O escopo espacial desta pesquisa está circunscrito na porção norte do Complexo Lagunar, mais especificamente nas áreas dos entornos das lagoas de Imaruí, Mirim, Ibiraquera e Garopaba com um foco específico na ocupação sambaquiana ao longo do Holoceno médio e tardio. Com base no conceito do território como um objeto resultante do agregado da paisagem natural e das transformações realizadas por grupos humanos, e que, portanto, nos permite compreender diferentes aspectos sobre as sociedades que o construíram. A partir do objetivo de explorar o território sambaquiano e das dinâmicas sociais sambaquianas do litoral sul catarinense em diferentes escalas espaciais e temporais foram utilizadas técnicas de análise espacial, modelagem e simulações para abordar o território em três eixos específicos: a organização espacial sambaquiana, a mobilidade individual e as dinâmicas sociais entre grupos. Para a organização espacial foram utilizadas técnicas de análise de distribuição espacial de pontos, onde foi possível verificar a recorrência de padrões já conhecidos para populações sambaquianas de distribuição aglomerada em núcleos ao redor das lagoas. Para a mobilidade individual e as dinâmicas sociais foram aplicadas técnicas de modelagem baseada em agentes. As simulações de mobilidade permitiram analisar formas de deslocamento na paisagem, incluindo travessias nas lagoas. Também foi possível comparar os resultados da aplicação desta técnica de modelagem baseada em agentes com resultados de análises “tradicionais” de mobilidade produzidas com *softwares* de geoprocessamento. As simulações de dinâmicas sociais aplicaram dois cenários de trocas: um de recíproca solidária e outro de recíproca equilibrada. Os resultados demonstraram diferenças na estrutura social simulada na longa duração. No caso da recíproca solidária há uma estrutura igualitária e heterárquica, o oposto ocorre com a dinâmica de recíproca equilibrada. Estes resultados corroboram teorias sobre a estrutura social sambaquieira ser igualitária e não-hierárquica, possivelmente com a produção coletiva de recursos. A exploração simulada do registro arqueológico, através de uma técnica inovadora, nos possibilitou aprofundar as interpretações sobre o registro arqueológico regional em uma perspectiva de longa duração e assim construir novos caminhos para a pesquisa das relações entre ser humano e meio ambiente na região.

Palavras-chave: Arqueologia de Sambaquis, Arqueologia Digital, Análise Espacial Arqueológica, Modelagem Baseada em Agentes, Litoral Sul de Santa Catarina.

ABSTRACT

The southern coast of Santa Catarina is characterized by the large number of lagoons created by geomorphological processes during the Pleistocene and Holocene periods. These lagoons, surrounded by coastal plains and mountainous terrain, form the region known as the Santa Catarina Lagoon Complex. This biomes convergence area has been inhabited by human populations for at least 7500 years BP, as evidenced by archaeological records of Sambaqui, Jê, and Guarani populations. The spatial scope of this research is limited to the northern portion of the Lagoon Complex, specifically the areas surrounding the Imaruí, Mirim, Ibraquera, and Garopaba lagoons, with a specific focus on sambaqui occupation during the Middle and Late Holocene. Based on the interpretation that the territory is an aggregate object that combines the natural landscape and the transformations carried out by human groups, it allows us to understand different aspects of the societies that built it. The objective was to explore the sambaqui territory and the sambaqui social dynamics of the southern Santa Catarina coast at different spatial and temporal scales, using spatial analysis techniques, modeling, and simulations to address the territory in three different viewpoints: sambaqui spatial organization, individual mobility, and social dynamics among groups. Spatial distribution analysis techniques were used to study the sambaqui spatial organization, revealing the recurrence of known patterns of clustered distribution around the lagoons. For individual mobility and social dynamics, agent-based modeling techniques were applied. Mobility simulations allowed the analysis of movement patterns by individuals in the landscape, taking into account aquatic means of transportation (canoes). The results of applying this agent-based modeling technique were also compared with "traditional" mobility analyses produced using geoprocessing software. Social dynamics simulations incorporated two exchange scenarios: solidarity and balanced reciprocity. The results demonstrated differences in the simulated social structure over the long term. In the case of reciprocal solidarity, an egalitarian and heterarchical structure was observed, whereas balanced reciprocity resulted in the opposite. These results support theories that suggest an egalitarian and non-hierarchical social structure among sambaqui populations, possibly involving collective resource production. The simulated exploration of the archaeological record, using an innovative technique, allowed for deeper interpretations of the regional archaeological record from a long-term perspective, thus paving the way for new research paths concerning the relationship between humans and the environment in the region.

Keywords: Sambaqui Archaeology, Digital Archaeology, Archaeological Spatial Analysis, Agent-Based Modeling, Southern Coast of Santa Catarina

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1. ESTRUTURA DA TESE	21
2. O COMPLEXO LAGUNAR DE SANTA CATARINA	24
2.1. MEIO AMBIENTE	25
2.2. A OCUPAÇÃO HUMANA	30
2.2.1. <i>Os sambaquis</i>	34
2.2.2. <i>As populações ceramistas</i>	41
3. ESPAÇO E ARQUEOLOGIA	46
3.1. ANÁLISE ESPACIAL ARQUEOLÓGICA	46
3.2. ARQUEOLOGIA DIGITAL E GEOTECNOLOGIAS	49
4. DESORDEM ORGANIZADA: ANÁLISE DE DISTRIBUIÇÃO DOS SÍTIOS	54
5. (RE)CRIANDO O REGISTRO ARQUEOLÓGICO: MODELAGEM BASEADA EM AGENTES	64
5.1. MODELAGEM BASEADA EM AGENTES NA ESCALA DO INDIVÍDUO	68
5.2. MODELAGEM BASEADA EM AGENTES NA ESCALA DA COMUNIDADE	80
5.3. SÍNTESE	96
6. INTERPRETANDO A OCUPAÇÃO SAMBAQUIANA	99
6.1. A TERRITORIALIDADE CONSTRUÍDA COM OS PÉS, UM MODELO DE MOBILIDADE SAMBAQUIANA	99
6.2. TERRITÓRIO SAMBAQUIANO NA LONGA DURAÇÃO, MODELAGEM DA ARTICULAÇÃO ENTRE COMUNIDADES	111
6.3. SÍNTESE	131
7. DISCUTINDO MODELOS, NARRATIVAS E EXPLORAÇÕES	133
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	142
9. REFERÊNCIAS	145
10. GLOSSÁRIO	165
11. ANEXOS	168
ANEXO 1– TABELA DE SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS CADASTRADOS NA LAGOA MARUÍ/MIRIM E SEU ENTORNO	168
ANEXO 2– DATAÇÕES DOS SÍTIOS ARQUEOLÓGICOS DA LAGOA DE ÍMARUÍ/MIRIM E SEU ENTORNO.	173
ANEXO 3 – RELATÓRIO ODD – MODELO DE MOBILIDADE	175
ANEXO 4 – RELATÓRIO ODD – MODELO DE DINÂMICAS SAMBAQUIANAS	180

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Imagem de satélite da área de pesquisa, com sítios arqueológicos em destaque. Elaborado pelo autor.....	24
Figura 2 - Mapa geomorfológico da área de pesquisa, com sítios arqueológicos em destaque. Elaborado pelo autor. Fonte: IBGE/DGC.	25
Figura 3 - Litologia da área de pesquisa, com sítios arqueológicos em destaque. Elaborado pelo autor. Fonte: CPRM (2000).....	26
Figura 4 - Curva do modelo de variação do nível relativo do mar para a região (fonte: (Kneip & Mello 2018))......	27
Figura 5 - Classificação dos tipos de solo da área de pesquisa, com sítios arqueológicos em destaque. Elaborado pelo autor. Fonte: Embrapa Solos (2004).....	28
Figura 6 - Mapa de localização dos sítios arqueológicos na área de pesquisa. Elaborado pelo autor.	31
Figura 7 - Cronologia da ocupação regional. Elaborado pelo autor.	33
Figura 8 - Mapa de Sítios Arqueológicos da Lagoa de Imaruí produzido por Fróes de Abreu (1928).	37
Figura 9 - Gráficos da função L para o comportamento da distribuição dos sítios na área de pesquisa.....	56
Figura 10 - Mapa de clusters e polígonos de Thiessen-Voronoi da ocupação sambaquiana. Fonte: banco de dados SIG organizado pelo autor. Arquivos vetoriais e raster de elevação SRTM 30 da NASA.	58
Figura 11 - Vista geral da paleobaía de Santa Marta e Imaruí com a distribuição dos polígonos de Thiessen gerados. Em vermelho, os polígonos de Thiessen produzidos por Kneip <i>et al.</i> (2018), em preto os polígonos de Thiessen resultantes desta pesquisa. Arquivos vetoriais e raster de elevação SRTM 30 da NASA.....	59
Figura 12 - Mapa de clusters e polígonos de Thiessen-Voronoi da ocupação Guarani. Fonte: banco de dados SIG organizado pelo autor. Arquivos vetoriais e raster de elevação SRTM 30 da NASA.....	61
Figura 13 - Superfície de custo energético para deslocamento. Elaborado pelo autor.	101
Figura 14 - Modelo de mobilidade na inicialização das rotas. O boneco indica o ponto de partida, o triângulo branco indica o ponto de chegada.	102
Figura 15 - Resultado comparativo de diferentes variáveis de campo de visão. 1 - Rotas geradas para 2 patches de distância. 2 - Rotas geradas para 4 patches de distância. 3 - Rotas geradas para 6 patches de distância. 4 - Rotas geradas para 8 patches de distância. 5 - Rotas geradas para 10 patches de distância. Elaborado pelo autor.	104

Figura 16 - Resultado comparativo de diferentes níveis de aleatoriedade no movimento. Mapa 1 - 0% de aleatoriedade. Mapa 2 - 20% de aleatoriedade. Mapa 3 - 40% de aleatoriedade. Mapa 4 - 60% de aleatoriedade. Mapa 5 - 80% de aleatoriedade. Mapa 6 - 100% de aleatoriedade. Elaborado pelo autor.	107
Figura 17 - Comparação entre rotas de mobilidade produzidas através da técnica de modelagem baseada em agentes (ABM) e da análise de menor custo (LCA). Elaborado pelo autor	108
Figura 18 - Comparação de diferentes cálculos de superfície de custo. A) Bell e Lock (2000) B) Tobler (1993). C) Márquez-Pérez et al. (2017). D) Garmy et al. (2005).....	110
Figura 19 - Relação de agentes resultantes a partir da combinação de diferentes taxas de mortalidade e crescimento.	115
Figura 20 - Gráficos de correlação para a reciprocidade generalizada. Área cinza corresponde ao intervalo de confiança de 95%. A) Cooperação X Soma. B) Cooperação X Desvio Padrão	116
Figura 21 - Correlação da reciprocidade balanceada entre cooperação e o desvio padrão. A linha colorida demonstra a tendência do comportamento. Área cinza corresponde ao intervalo de confiança de 95%. A) Cooperação X Número de comunidades. B) Cooperação x Soma. C) Cooperação x Média. D) Cooperação x Desvio Padrão.	117
Figura 22 - Correlação da média de recursos e desvio padrão no teste de reciprocidade balanceada e generalizada. A linha colorida demonstra a tendência do comportamento. Área cinza corresponde ao intervalo de confiança de 95%. A) Cooperação X Número de comunidades. B) Cooperação x Soma. C) Cooperação x Média. D) Cooperação x Desvio Padrão.	119
Figura 23 - Relação Indivíduos x Probabilidade de Cooperação. Linha apresenta a tendência. A) Apenas reciprocidade generalizada. B) Apenas reciprocidade balanceada. C) Reciprocidade generalizada e balanceada.	120
Figura 24 - Resultados do crescimento populacional de diferentes tipos de agentes no modo "lineages" aplicando combinações de reciprocidade. A) Apenas reciprocidade generalizada. B) Apenas reciprocidade balanceada. C) Reciprocidade generalizada e balanceada.	122
Figura 25 - Correlação entre o número de indivíduos e o raio de ocupação.	123
Figura 26 - Grafos ordenados das dinâmicas de reciprocidade. A) Apenas reciprocidade balanceada. B) Apenas reciprocidade generalizada. C) Reciprocidade balanceada e generalizada.	124
Figura 27 - Clusters dos diferentes cenários de reciprocidade. A) Reciprocidade balanceada. B) Reciprocidade generalizada. C) Reciprocidade balanceada e generalizada. D) Sítios da área de pesquisa. Elaborado pelo autor.	127

Figura 28 - Comparativo de clusters para o modelo e os sítios da área. A) Modelo. B) Sambaquis. Elaborado pelo autor. 129

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de custo de superfície de deslocamento	70
Tabela 2 - Primeiro teste estatístico de Regressão Logística.....	83
Tabela 3 - Segundo teste estatístico de Regressão Logística.....	83
Tabela 4 - Terceiro teste estatístico de Regressão Logística.	83
Tabela 5 - Quarto teste estatístico de Regressão Logística.	84
Tabela 6 – Coeficientes no intervalo de 95% de confiança.....	84
Tabela 7 - Estatística descritiva comparativa das análises de rotas ABM e LCA (n = 200).....	109
Tabela 8 - Teste de correlação para variação da probabilidade de cooperação - Reciprocidade Generalizada	116
Tabela 9 - Teste de correlação para variação da probabilidade de cooperação - Reciprocidade Balanceada.....	117
Tabela 10 - Teste de correlação para variação da probabilidade de cooperação - Reciprocidade Balanceada e Reciprocidade Generalizada.....	119
Tabela 11 - Teste de correlação para variação do raio de ocupação	123
Tabela 12 – Métricas das redes de reciprocidade	125

1. INTRODUÇÃO

Os estudos arqueológicos provenientes da porção sudeste da América do Sul têm, nas últimas décadas, demonstrado o desenvolvimento de populações humanas a partir do Holoceno médio que ocuparam as diferentes zonas ecológicas da região (Iriarte *et al.* 2017). Nesta pesquisa, abordamos uma parte específica deste contexto dinâmico: o complexo lagunar do sul catarinense, mais especificamente, as lagoas de Imaruí, Mirim, Ibiraquera, Garopaba e seu entorno. Esta região é constituída por uma paisagem natural complexa, decorrente das mudanças ambientais que ocorreram durante o Holoceno (Giannini 1993; Lessa *et al.* 2000). Essas mudanças ambientais resultaram na criação de uma paisagem com grande diversidade e disponibilidade de recursos, presentes em lagoas, mangues, praias e dunas, e, portanto, bastante favorável para a ocupação humana. Fato que é constatado a partir da grande diversidade do registro arqueológico regional: sítios líticos Umbu, sambaquis, cerâmica Jê do Sul e Guarani. Esse registro arqueológico diverso representa a confluência de culturas e povos que por lá habitaram durante mais de 7000 anos (DeBlasis & Gaspar 2009).

A região do litoral sul de Santa Catarina é uma importante área para os estudos arqueológicos brasileiros e que tem sido, ao longo dos últimos 30 anos, alvo intensivo de pesquisas por diversos arqueólogos (Scheel-Ybert *et al.* 2003; DeBlasis *et al.* 2007; Gaspar *et al.* 2008; Klokler 2008; DeBlasis & Gaspar 2009; Milheira 2010; Assunção 2010; Belem 2012; Fish *et al.* 2013; DeBlasis *et al.* 2014; Villagran 2014; Di Giusto 2017; Kneip *et al.* 2018; Klokler *et al.* 2018; Cardoso 2019; Scheel-Ybert *et al.* 2020; Fidalgo *et al.* 2021; Merencio 2021; DeBlasis *et al.* 2021; Scheel-Ybert *et al.* 2023). Estas pesquisas, no entanto, se concentram em sua maioria na porção central do complexo lagunar. Área de localização de importantes sítios como os sambaquis Garopaba do Sul, Jabuticabeira, Cabeçuda, Figueirinha, Laguna, entre muitos outros que já são bastante conhecidos na arqueologia brasileira. Nesta pesquisa, buscamos estabelecer um diálogo direto com este contexto prévio de pesquisas, nos auxiliando a compreender o quanto toda esta região lagunar exhibe processos de ocupação análogos, e em que medida são historicamente integrados. O presente trabalho constitui, por assim dizer, em maior escala, um processo de expansão das pesquisas que vêm sendo realizadas na região, buscando complementar o estudo dos padrões regionais de ocupação investigando o setor lagunar em sua porção norte, área menos explorada até então.

Nesta pesquisa, dentre o amplo universo de grupos humanos que habitaram a região, temos como foco central a ocupação sambaquiana. A adoção do termo sambaquiano está baseada na discussão apresentada por Scheel-Ybert *et al* (2022), pois apesar de um predomínio no uso do termo sambaquieiro para se referir à estas populações o sufixo “-ano” é um indicador de gentílico, enquanto que o sufixo “-eiro” se refere à profissão ou atividade exercida. Neste sentido, o termo sambaquiano, segundo as autoras, dá um maior destaque a diversidade cultural destas populações, reconhecendo que a construção de sambaquis não era a única atividade exercida por elas.

Ao abordarmos as populações sambaquianas como centro de nossas pesquisas devemos destacar um aspecto de grande importância: a permanência e longa duração que caracterizam essa sociedade. Na área do litoral catarinense os sambaquis em suas características mais “clássicas” possuem uma distribuição cronológica que se estende por cerca de 6.000 anos, entre 7.500 e 1.500 anos AP (DeBlasis *et al.* 2007; Gaspar *et al.* 2008; DeBlasis & Gaspar 2009; Kneip *et al.* 2018; Merencio 2021). Nos milênios seguintes ainda há sítios conchíferos com estruturas monticulares, porém com transformações que sugerem mudanças culturais e contato com novas populações na região (DeBlasis *et al.* 2014; Merencio 2021). Entretanto, a observação na longa duração evidencia a sociedade sambaquiana como uma sociedade bastante antiga e duradoura que se transformou ao longo do tempo frente às mudanças ambientais e contatos interétnicos. A permanência destas populações também evidencia a disponibilidade de recursos e o potencial produtivo da região lagunar aproveitado por estas populações.

O conceito de longa duração - *longue durée*, trabalhado pelo historiador francês Fernand Braudel em sua obra clássica sobre o mar mediterrâneo, fornece um fio condutor para compreender as populações sambaquianas no litoral sul de Santa Catarina. A compreensão da história a partir de um recorte temporal extenso, composto por eventos, conjunturas e estruturas (Braudel 1965), nos permite realizar uma análise profunda sobre a sociedade sambaquiana. Nesta pesquisa não iremos, portanto, nos concentrar em apenas um momento específico da ocupação sambaquiana, como por exemplo o período tardio desta ocupação com impactos das grandes transformações causadas pelo contato interétnico com populações ceramistas do planalto (DeBlasis *et al.* 2014; Merencio 2021), mas sim com a ocupação sambaquiana como um todo. Assim como Braudel (1965) discute em seu texto sobre a longa duração, é necessário que se dê grande atenção aos aspectos geográficos para compreender a história. Neste sentido, nesta pesquisa há um enfoque especial nas questões espaciais.

Para realizar uma abordagem espacial do registro arqueológico é necessário que os conceitos espaciais sejam definidos para que sirvam como fio condutor de organização do pensamento de nossas interpretações. O conceito de espaço é entendido a partir das discussões de Criado-Boado (1997), onde o espaço é entendido como um elemento ativo, isto é, não apenas um plano de fundo para o desenvolvimento das relações humanas. Ao compreendermos o espaço como um elemento complexo, múltiplo e polissêmico, reconhecemos que ele opera diretamente como agente social e simbólico na vida humana (Criado-Boado 1997). O espaço reflete as dinâmicas sociais, econômicas, políticas e culturais de uma sociedade, deixadas como marcas ao longo do tempo (Criado-Boado 1991). Através da pesquisa arqueológica é, portanto, possível acessar elementos destas dinâmicas pretéritas a partir do estudo dos registros materiais das sociedades que os produziram. A partir deste conceito, que de modo geral, é bastante amplo, derivam outros conceitos espaciais que podem ser utilizados para se articular melhor com a escala de abordagem desta pesquisa: a paisagem e o território.

A paisagem como conceito espacial para a arqueologia é utilizado, ao menos na literatura inglesa, desde meados da década de 1970 com uma grande explosão na produção bibliográfica a partir das influências pós-processualistas da década de 1990 (Fleming 2006). A definição de paisagem, de acordo com o dicionário, é extensão de território que se abrange com um lance de vista. O caráter visual da paisagem é um elemento presente em diversas discussões sobre o conceito (Ingold 1993, 2002, 2011; Júnior 2005). De acordo com Ingold (2011) a palavra *landscape* remetia em tempos medievais à porções do espaço, porém com o tempo o termo se torna mais associado à pintura que retratava imagens da natureza. Contudo, o autor discute que a etimologia da palavra em inglês a conecta com uma ideia de transformação, de dar forma à algo, e não de observação (Ingold 2011: 126). Neste mesmo sentido, a origem da palavra em português – a partir do francês *paysage* –, está ligada à uma ideia de porção do espaço resultante de uma ação (Júnior 2005: 51). Porém a palavra paisagem em português também está intensamente associada à uma ideia imagética, que resulta tanto na ideia de um distanciamento da paisagem em relação ao observador e também na ideia de que a paisagem se refere apenas à natureza (Júnior 2005).

Como resultado desta multiplicidade de interpretações e definições sobre o conceito de paisagem, é possível utilizar o termo com diferentes vieses. A paisagem pode ser entendida como um conceito que trata exclusivamente do meio ambiente e da natureza, sem influência humana, mas também pode ser entendida exclusivamente como

o resultado de uma construção humana. A partir da ideia de Ingold (1993) e Zedeño (1997) a paisagem pode ser entendida como um conjunto indissociável dos elementos naturais e culturais, cujas transformações e usos decorrentes da habitação¹ do espaço se acumulam ao longo do tempo, criando assim uma visão mais abrangente do conceito.

A ideia de que as paisagens são esse resultado cumulativo das transformações ao longo dos anos faz com que elas sejam um elemento do presente, pois o que se observa de uma paisagem sempre será o resultado atual deste acúmulo (Zedeño 2008). Os elementos pretéritos e recentes das atividades antrópicas e naturais se misturam, formando um palimpsesto espacial na paisagem atual. Uma discussão importante sobre o conceito de paisagem feita por Zedeño (1997: 73) é o fato de que a ela é entendida a partir de um olhar subjetivo individual, ou seja, os limites de uma mesma paisagem podem ser diferentes para cada observador. Ao analisarmos criticamente o conceito, a partir da leitura de Fleming (2006), podemos ver que por sua origem e essência polissêmica, há uma dificuldade em operacionalizar o conceito para criar interpretações sobre o registro arqueológico.

O território, por sua vez, se trata de um conceito que reflete as dinâmicas sociais entre grupos no espaço. De acordo com Zedeño (2008: 211) o território é um objeto agregado composto pela terra, recursos e modificações antrópicas de grupos específicos. Segundo a autora podemos interpretar o espaço, ou a paisagem *lato sensu*, como sendo um mosaico de territórios (Zedeño 1997). Importante destacar que este mosaico não é estático, pois na longa duração há transformações internas e externas nestes territórios. Os limites dos territórios também podem ser difusos, já que o conceito de território depende das relações entre os grupos.

Conforme discute Zedeño (2008) as diferentes populações que habitam o espaço, construindo o território a partir de sua territorialidade, que é resultante da soma de ações e emoções focadas no controle, influência e acesso diferencial ao espaço (Zedeño 2008: 211). A territorialidade é um conceito que abarca o constante desenvolvimento de relações das pessoas com o espaço em que habitam e que pode se manifestar através da memória coletiva até mesmo depois do abandono físico do lugar por uma população, como é o caso de algumas populações indígenas deslocadas de seus territórios originários como discutido pela autora (Zedeño 2008: 213).

¹ A palavra habitação aqui é utilizada como tradução do conceito de *dwelling* trabalhado por Ingold (1993)

Por fim, o aspecto mais importante do conceito de território é a possibilidade de operacionalizar os fenômenos arqueológicos através de uma lente espacial que considera as dinâmicas sociais existentes entre os seres humanos e o espaço. O registro arqueológico é, sob esta interpretação, vestígio não apenas das atividades materiais realizadas pelos indivíduos de sociedades pretéritas, mas também das dinâmicas, usos e significados que estas sociedades atribuíram ao mundo em que habitavam.

A subjetividade do conceito de paisagem não invalida a sua utilização, entretanto, em nossa perspectiva, um conceito de perspectiva materialista é mais adequado para abordar o objeto de estudo. Nesta pesquisa temos um foco materialista, isto é, iremos trabalhar com os fenômenos arqueológicos e suas características espaciais, portanto o conceito de território é a forma mais adequada para operacionalizar este objetivo. Ao analisarmos o registro arqueológico, com o olhar pautado na dimensão espacial, podemos então buscar elementos que nos permitam criar interpretações e modelos para o processo de ocupação humana de uma determinada região.

Os modelos interpretativos na arqueologia são formas de abstração dos fenômenos reais, e deve ser entendida, acima de tudo, como uma ferramenta de simplificação e esquematização de fenômenos e sistemas complexos para compreendê-los (Starfield *et al.* 1990; Grimm & Railsback 2005). Há inúmeros tipos de modelos utilizados pela ciência. De acordo com Godfrey-Smith (2009) podemos dividi-los em três categorias distintas: modelos físicos, isto é, reproduções materiais de sistemas e/ou locais reais, como por exemplo as maquetes. A segunda categoria são os modelos “informais”, isto é, modelos teóricos explicitados em texto como ideias e hipóteses acerca do funcionamento de um sistema. A terceira categoria apresentada trata dos modelos ou simulações do computador. Ao longo desta pesquisa trabalhamos com esta terceira categoria, entretanto, devemos ressaltar o papel importante que a segunda categoria de modelos possui, tendo em vista que há uma relação intrínseca entre as duas expressa no fato de que as simulações computacionais são, em sua maioria, aplicações de modelos teóricos.

McGlade (2005) ao revisitar a bibliografia sobre a modelagem arqueológica faz uma divisão de três períodos distintos na produção científica da arqueologia que envolve modelos e as simulações. O primeiro momento, que ocorre a partir da perspectiva processualista na arqueologia, é resultado de uma influência direta da Teoria Geral de Sistemas na arqueologia com os trabalhos de David Clarke do início da década de 1970. Estes primeiros modelos são entendidos como ferramentas experimentais, entretanto, o

seu arcabouço teórico é baseado no teste de hipóteses e na criação de previsões/explicações sobre fenômenos arqueológicos. O segundo período apresentado pelo autor se inicia com os trabalhos de Ian Hodder e Collin Renfrew no final dos anos 1970. Neste período, que ainda se desdobra como uma continuação dos paradigmas iniciais dos anos anteriores, havia uma “confiança” na capacidade dos modelos serem capazes de fazer previsões e simular sistemas sociais. Entretanto, as influências do pós-processualismo no campo teórico da arqueologia acabaram tomando espaço das discussões teóricas que envolviam diretamente as simulações, que acabaram entrando em um período de hiato (McGlade 2005: 16). Após este período de hiato há um ressurgimento das abordagens de modelagem e simulação a partir do início da década de 1990 sob a influência da ciência da complexidade, teoria do caos e dinâmicas não-lineares. A partir deste período que há também o desenvolvimento das abordagens construídas “de baixo para cima”, isto é, baseadas no estudo de sistemas complexos que emergem a partir de comportamentos individuais.

De toda forma, o que a modelagem na arqueologia nos demonstra é o seu poder como ferramenta de exploração criativa para compreender sistemas e fenômenos. A modelagem é uma heurística da investigação científica. No caso da arqueologia ela tem uma utilidade imensa: a possibilidade de realizar experimentações e análises de fenômenos na longa duração. Contudo, o aspecto instrumental da modelagem deve ser sempre reforçado, para evitar a ideia de que eles sejam vistos como um fim neles mesmos (McGlade 2005: 31). Isto porque, os modelos são descrições de um mundo digital análogo ao mundo real, e não o mundo real propriamente dito (Godfrey-Smith 2009). A modelagem é uma ferramenta de intermediação entre o empírico e o teórico (Peck 2004).

McGlade (2014) sugere que a modelagem deve ser compreendida como um “processo discursivo de criação do conhecimento ao invés de um exercício pragmático de resolução de problemas”. Este processo discursivo é um diálogo criativo, uma construção narrativa. A visão de modelos como narrativas pode ser observada em diferentes pesquisas, não só arqueológicas, mas também de outras áreas das ciências sociais e naturais (Griffin 1993; Morgan 2001; Abell 2004; Peck 2004; Abell 2009; Barton *et al.* 2010; Peck 2012; Millington *et al.* 2012; McGlade 2014; Topping *et al.* 2015; Perry & O’Sullivan 2018).

A ideia de narrativa pode ser compreendida de diversas maneiras, de acordo com Abell (2004: 289) o termo se refere à “sequências de eventos e/ou ações que levam a uma conclusão que não pode ser prevista como consequência da interposição de múltiplos

eventos contingentes”. As narrativas envolvem atores e eventos que se relacionam ao longo de um período, bastante adequado, portanto, para se trabalhar um objeto como o registro arqueológico. No caso desta pesquisa, a história de vida do território também pode ser explorada a partir de uma abordagem narrativa. Há eventos/ações que compõem diferentes etapas da formação do território e há grupos e indivíduos que realizam ações que constroem e transformam o espaço. A análise da história de vida de um território pode ser entendida como uma construção narrativa, onde o autor busca organizar todos estes elementos em uma estrutura coerente.

A abordagem da narrativa abrange um elemento bastante importante que é a questão do reconhecimento da importância da subjetividade do pesquisador na construção de uma sequência narrativa como um elemento da pesquisa. Ainda que a pesquisa científica seja informada por teorias, dados, análises e experimentos, não se pode negar a existência da influência da subjetividade do autor na escolha das teorias e na perspectiva de análise dos dados (Morgan 2001). Entretanto, esta influência não deve ser vista como algo negativo, ou que invalide o trabalho. Isto posto, a abordagem narrativa ressoa de forma bastante contundente na arqueologia, pois a interpretação arqueológica é, em grande medida, o resultado da construção de uma narrativa informada por teorias, análise de dados e pela subjetividade dos arqueólogos.

Utilizando os conceitos discutidos podemos estruturar o objetivo desta pesquisa como sendo a discussão sobre as dinâmicas do território sambaquiano e das dinâmicas sociais sambaquianas do litoral sul catarinense em diferentes escalas espaciais e temporais a partir do uso de modelos e simulações.

A exploração do território sambaquiano é a construção de uma narrativa sobre três elementos que o compõem: as dinâmicas de organização e estrutura, as dinâmicas individuais de mobilidade no espaço e as dinâmicas de interação social entre as comunidades que constituíram e construíram este território. Quando lidamos com um fenômeno complexo como o território sambaquiano estamos trabalhando com diferentes escalas, eventos, atores e múltiplos níveis de narrativas (Millington *et al.* 2012). Portanto, a análise destes três elementos será feita através da construção de modelos e simulações espaciais, utilizando métodos de geoprocessamento, geoestatística e modelagem baseada em agentes. Os modelos e as simulações são as criações narrativas de mundos virtuais que nos ajudam a refletir sobre os diferentes elementos que podem ter atuado no território sambaquiano.

Ao entendermos que ainda que os modelos sejam uma ferramenta heurística, eles também possuem pressupostos teóricos subjacentes que influenciam a forma de análise do objeto de estudo. Esta concepção remete às discussões de McGlade (2005) sobre os modelos como forma de representação e também às noções de Arqueologia Digital (Evans & Daly 2006; Zubrow 2006) sobre a capacidade dos métodos computacionais em produzir teoria arqueológica. Também no âmbito da Arqueologia Digital podemos destacar a importância do papel da aplicação de tecnologias e métodos computacionais para extroversão do conhecimento arqueológico, devido à algumas características particulares da alta interatividade e da fácil comunicação que estes recursos apresentam para engajar com diferentes públicos (Crabtree *et al.* 2019). Nesta pesquisa temos, portanto, também um compromisso com a divulgação e exposição didática dos métodos e de suas possibilidades de aplicação, tendo em vista que ainda há muito pouco conteúdo disponível em língua portuguesa sobre muitos dos métodos e suas aplicações em pesquisas arqueológicas.

Com base nestas considerações sobre o objetivo geral da tese, podemos definir os seguintes objetivos específicos para a conclusão do mesmo:

1. Caracterização dos aspectos fisiográficos do litoral sul catarinense;
2. Caracterização da ocupação humana no litoral sul catarinense e produção de uma cronologia regional;
3. Identificação e caracterização de padrões de distribuição espacial das populações sambaquianas;
4. Modelagem de relações individuais sambaquianas com o ambiente;
5. Modelagem de relações comunitárias sambaquianas com o ambiente e entre si;
6. Estruturação e publicação dos bancos de dados e códigos-fonte em formato *open access*;

1.1. Estrutura da tese

Esta tese será apresentada em um total de oito capítulos. Ao longo destes capítulos os objetivos e questões citadas anteriormente serão discutidos. No capítulo 2 tratamos diretamente da área de pesquisa: o Complexo Lagunar de Santa Catarina. Este capítulo aborda o meio ambiente e a ocupação humana como um todo. Iniciando com a apresentação dos aspectos naturais da região, identificamos elementos que caracterizam a paisagem e a sua história natural de formação. Em seguida, é abordada a ocupação

humana, apresentando aspectos relativos à três diferentes grupos humanos presentes no registro arqueológico da área: os grupos sambaquianos e os povos ceramistas, isto é, grupos Jê do Sul e Guarani. Em conjunto com essa discussão, também é apresentado o mapa de localização dos sítios arqueológicos conhecidos na região e uma cronologia das ocupações humanas na área de pesquisa.

No capítulo três é discutida a relação entre espaço e arqueologia. Com um foco específico da tese no componente geográfico do registro arqueológico, abordamos o histórico da análise espacial arqueológica e como este campo de pesquisas se constitui através da adoção de métodos e teorias advindas de diferentes áreas do conhecimento. Também é trabalhada uma noção sobre arqueologia digital e o campo das geotecnologias, essenciais em certo nível para virtualmente qualquer pesquisa arqueológica atual. Este capítulo introduz conceitos fundamentais para as atividades de análise e exploração realizadas nos capítulos seguintes.

Os capítulos 4, 5 e 6 tratam das explorações e análises espaciais sobre o registro arqueológico da área de pesquisa. No capítulo quatro apresentamos a primeira etapa de análise, para discernir o palimpsesto arqueológico existente na área de pesquisa e identificar elementos que nos ajudem a compreender aspectos particulares do território sambaquiano a partir de análises de *cluster*. O capítulo cinco apresenta a técnica de modelagem baseada em agentes na construção de duas simulações que envolvem aspectos distintos do território sambaquiano: um modelo de mobilidade individual e um modelo de relações econômicas entre diferentes comunidades sambaquianas. Essas simulações também apresentam abordagens escalares distintas, permitindo demonstrar a gama aplicações da técnica em questão. Este capítulo foi construído na forma de um guia praticamente passo a passo, seguindo uma lógica do ciclo da modelagem e visa auxiliar pesquisadores que busquem aplicar estas técnicas em seus trabalhos. Uma síntese do método também é apresentada ao final.

No capítulo seis os modelos construídos previamente são avaliados e discutidos em relação ao seu potencial como ferramenta de exploração, validação e construção teórica no âmbito da ocupação sambaquiana. O modelo de mobilidade é utilizado para demonstração do potencial de complementação e alternativa à métodos geoestatísticos tradicionais na pesquisa arqueológica e o modelo de relações econômicas é utilizado para avaliar relações de interdependência, estrutura social e produção de recursos. No capítulo sete apresentamos uma discussão sobre os modelos e os resultados da pesquisa. Por fim, no oitavo capítulo apresentamos as nossas considerações finais. Ao final da tese

incluímos um glossário dos termos técnicos utilizados e nos anexos estão presentes as tabelas de sítios e datações, bem como os relatórios em formato ODD (*Overview, Design concepts and details*) de cada um dos modelos apresentados.

2. O COMPLEXO LAGUNAR DE SANTA CATARINA

A paisagem da porção sul do litoral catarinense é marcada por um conjunto de lagunas que se estendem pela planície litorânea. Do sul da ilha de Florianópolis e além da divisa com o Rio Grande do Sul, entre as lagunas e dunas estão centenas de sítios arqueológicos. Esta região, denominada de complexo lagunar de Santa Catarina, é foco de pesquisas arqueológicas há décadas (DeBlasis & Gaspar 2008). Nesta pesquisa, estabelecemos um recorte espacial que engloba a porção norte desta região, em uma área delimitada à norte pela praia de Garopaba, ao sul pelo Cabo da Cabeçuda em Laguna, e à oeste pelos contrafortes da Serra do Tabuleiro (Figura 1).

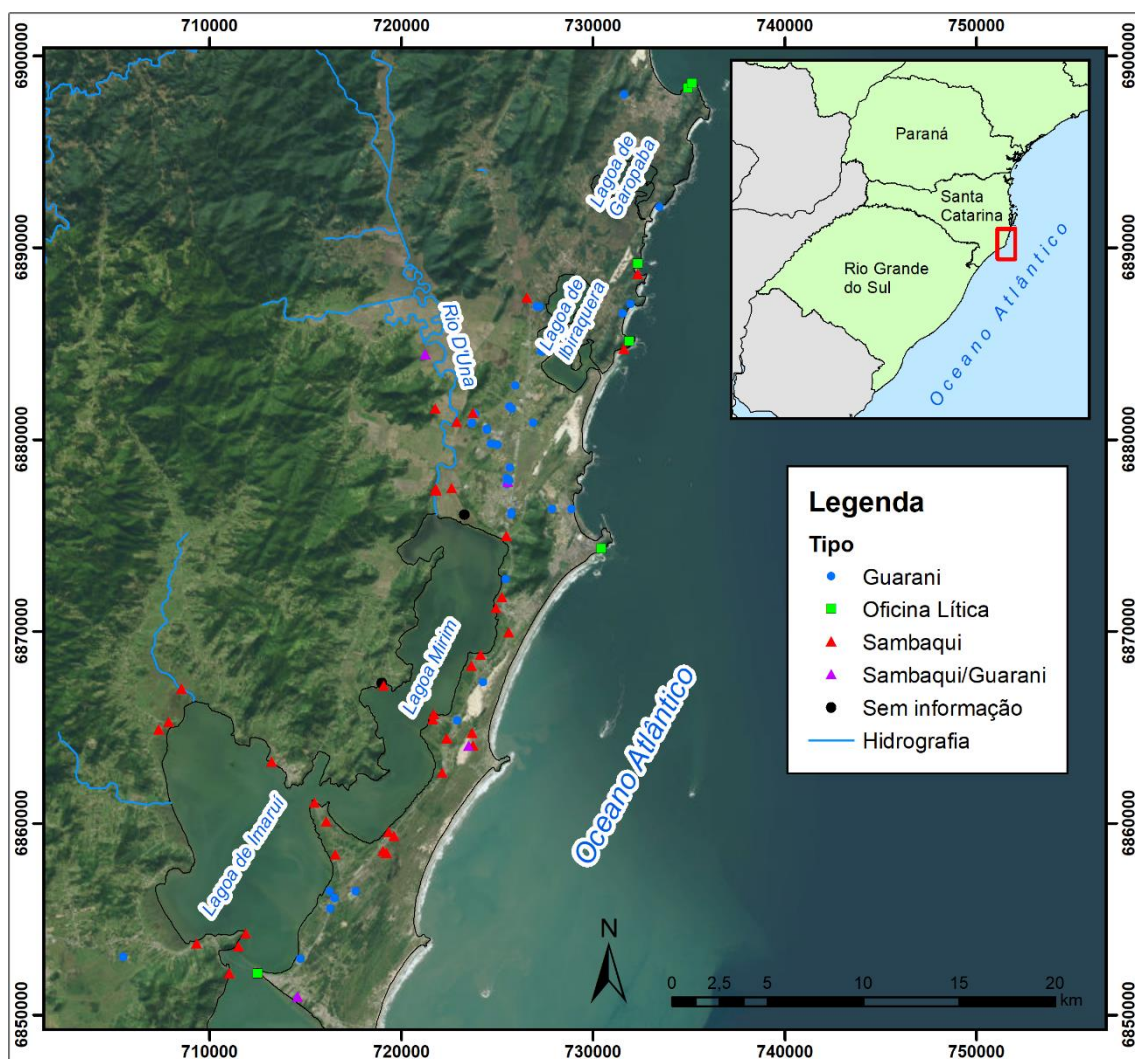


Figura 1 - Imagem de satélite da área de pesquisa, com sítios arqueológicos em destaque. Elaborado pelo autor.

A área de pesquisa abrange quatro grandes lagunas da região: a Lagoa de Imaruá, a Lagoa Mirim, a Lagoa de Ibraquera e a Lagoa de Garopaba. Seis municípios encontram-se dentro da área de interesse: Laguna, Pescaria Brava, Imaruá, Imbituba, Garopaba e Paulo Lopes. Neste capítulo fazemos uma caracterização da área de estudo

em dois momentos. Primeiramente iremos discutir os aspectos fisiográficos que compõem a paisagem natural da área de estudo. Em seguida apresentamos uma cronologia da ocupação humana na região e uma breve discussão sobre o registro arqueológico das populações sambaquianas e ceramistas presentes na área.

2.1. MEIO AMBIENTE

A diversidade paisagística do complexo lagunar de Santa Catarina é visível através da observação dos contrastes entre a planície costeira e os contrafortes da Serra do Tabuleiro, dos rios que nascem nos topos da serra e deságuam nos conjuntos de lagoas e lagunas que cortam de norte ao sul este ambiente, e também dos campos de dunas próximos à costa, na interface das lagunas e das praias. Através da geomorfologia podemos categorizar esta paisagem em três compartimentos distintos: a Planície Litorânea, as Planícies Alúvio-coluvionares e as Serras do Leste Catarinense (Figura 2).

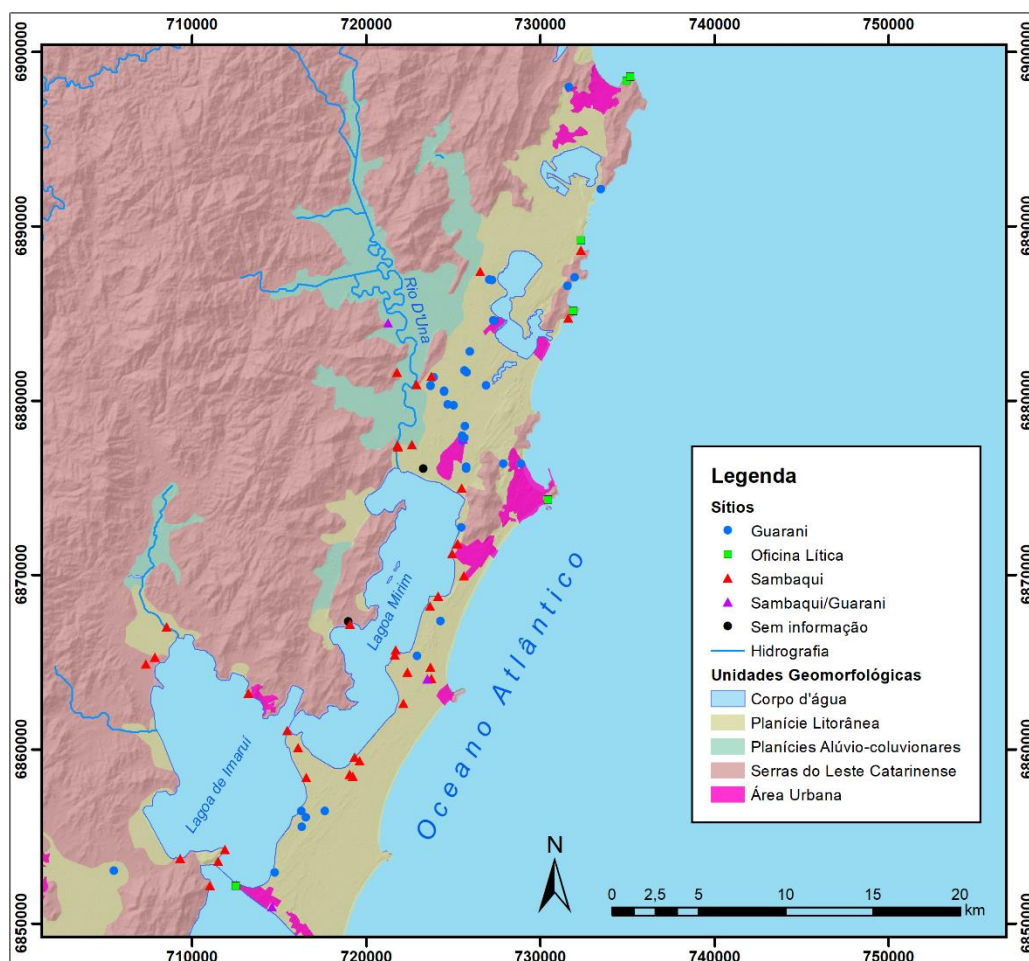


Figura 2 - Mapa geomorfológico da área de pesquisa, com sítios arqueológicos em destaque. Elaborado pelo autor. Fonte: IBGE/DGC.

As Serras do Leste Catarinense correspondem, na área de pesquisa, à Serra do Tabuleiro, um maciço cristalino onde predominam morros e serras baixas chegando até

900 metros de altitude. Nesta área está localizado o Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, uma importante unidade de conservação da Mata Atlântica no estado. As outras duas unidades geomorfológicas correspondem às planícies, diferenciadas pelos processos de deposição sedimentar. A planície litorânea ocupa com maior expressividade a área, enquanto que as planícies alúvio-coluvionares são mais reduzidas e relacionam-se diretamente com os processos sedimentares dos rios de áreas mais interiores.

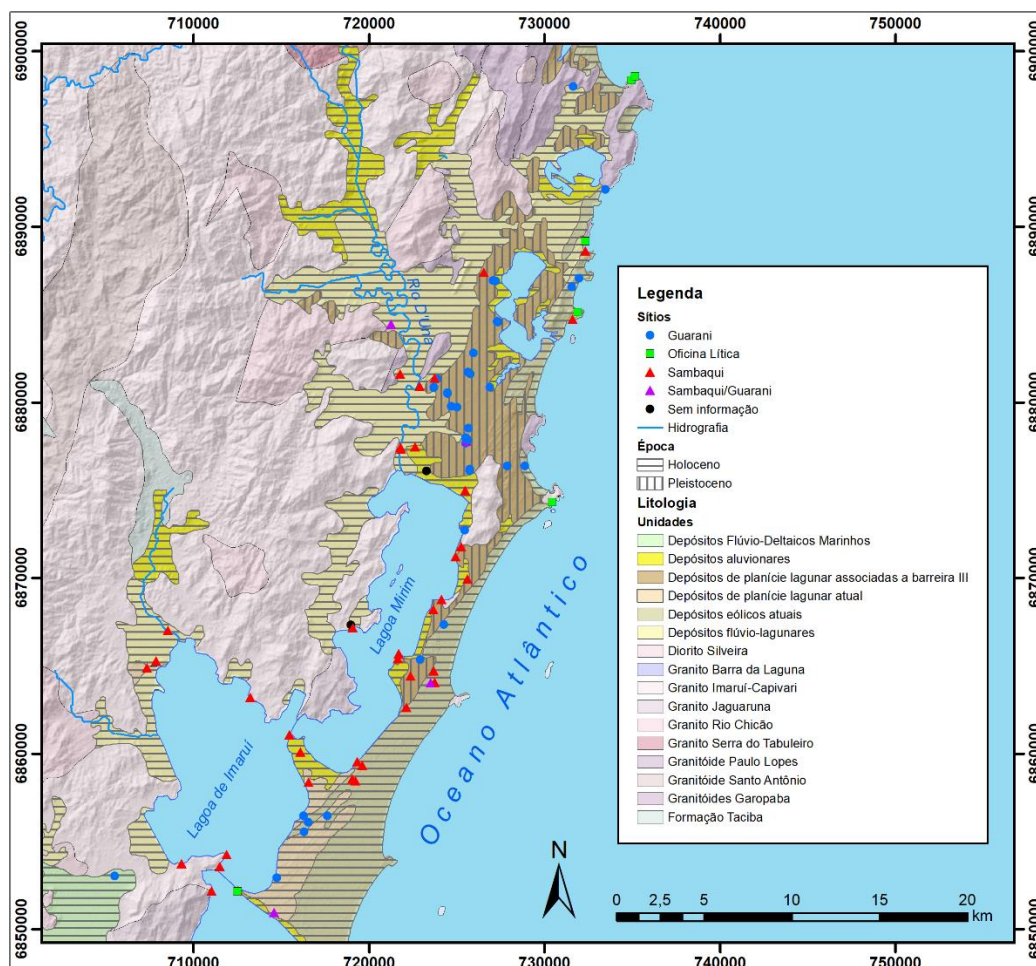


Figura 3 - Litologia da área de pesquisa, com sítios arqueológicos em destaque. Elaborado pelo autor. Fonte: CPRM (2000).

A associação destes elementos geomorfológicos que formam a paisagem do complexo lagunar denota uma história geológica bastante complexa. Na Figura 3 vemos a litologia regional, que nos permite compreender os processos da formação da paisagem. A maior parte dos sítios estão implantados em áreas de litologia sedimentar, que foram formadas a partir do Pleistoceno. Estas formações litológicas estão relacionadas principalmente às dinâmicas de variação do nível relativo do mar, ou seja, eventos de regressão e transgressão marinha. Na Figura 4, apresentamos o modelo da curva de variação do nível relativo do mar de acordo com Angulo (Angulo *et al.* 1999, 2006).

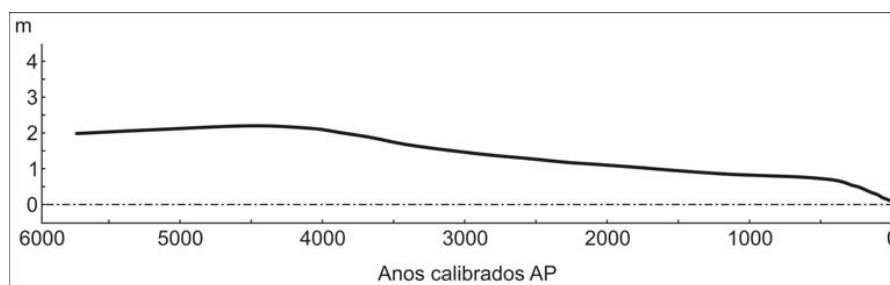


Figura 4 - Curva do modelo de variação do nível relativo do mar para a região (fonte: (Kneip & Mello 2018)).

A cobertura pleistocênica, representada na Figura 3 pelos depósitos de planície lagunar associados à barreira III, tem sua origem na deposição praiial marinha durante o Pleistoceno Superior. Ao sul da área de pesquisa, atualmente uma extensa planície inundável, existia uma grande baía conhecida como a paleobaía de Santa Marta (Giannini 1993; Giannini *et al.* 2010). Esta baía foi formada pela contínua elevação do nível relativo do mar que por volta de 5700 anos AP atinge um nível máximo, inundando a planície costeira pleistocênica (Silva & Leites 2000).

As porções mais altas do relevo da paisagem neste momento atual - pontais rochosos e tómbolos, formavam, no passado, ilhas que foram ocupadas pelos primeiros sambaquianos da região. Em um momento seguinte, com a diminuição do nível relativo do mar e a formação de uma barreira arenosa, forma-se a paleolaguna de Santa Marta, um grande corpo d'água que se estende por quase toda região ao sul da área de pesquisa. Ao longo do tempo os corpos d'água são parcialmente isolados devido às dinâmicas geomorfológicas costeiras que resultam na criação de um conjunto de lagunas. Este processo gera um aumento da disponibilidade de áreas para ocupação humana, não obstante, é neste período (4500 – 1700 anos AP) em que há um aumento na quantidade de sítios (DeBlasis *et al.* 2007). Na região norte do complexo lagunar, onde se localiza a nossa área de pesquisa, temos um processo distinto. Os vales de dissecação dos terraços marinhos pleistocênicos da planície costeira são gradualmente inundados, chegando até as encostas no interior. Há, porém, uma manutenção de áreas de sedimentos pleistocênicos não inundados e também a presença de grandes sistemas eólicos de dunas, formados pelo retrabalhamento dos sedimentos arenosos pleistocênicos (Giannini 1993; Silva & Leites 2000; Kneip 2004; Giannini *et al.* 2010; Kneip & Mello 2018).

Observando os aspectos geológicos e geomorfológicos da área de pesquisa (Figura 2 e Figura 3) podemos diferenciar dois compartimentos: um ao norte e outro ao sul. A porção à norte da Lagoa Mirim é composta por uma planície extensa, com duas lagoas menores inseridas na área de depósito sedimentar pleistocênico: a Lagoa de

Ibiraquera e a Lagoa de Garopaba. Nesta região há também o Rio d'Una, um dos mais importantes cursos d'água do complexo lagunar, que nasce na serra e deságua na Lagoa Mirim. De acordo com Silva e Leites (2000), a orientação do Rio d'Una está associada à formação da barreira arenosa pleistocênica, que desviou o curso em direção sul. Ao longo da foz do rio há uma grande quantidade de sambaquis, o que nos possibilita pensar em um sistema de ocupação fortemente relacionado à este compartimento da paisagem.

Por fim, um outro aspecto importante da litologia da região são os complexos cristalinos que estão presentes principalmente na porção oeste da área, relacionados às formações montanhosas das serras. Os pontões rochosos na costa também são notáveis marcos na paisagem, e conforme citado anteriormente, formavam ilhas na região da paleolaguna de Santa Marta durante o período de maior elevação do nível relativo do mar. Estas áreas de litologia cristalina, além de serem marcos na paisagem visual, também serviram como fontes de matéria-prima para a produção de instrumentos líticos sendo, portanto, locais eram de interesse para as populações que ocuparam a região no passado.

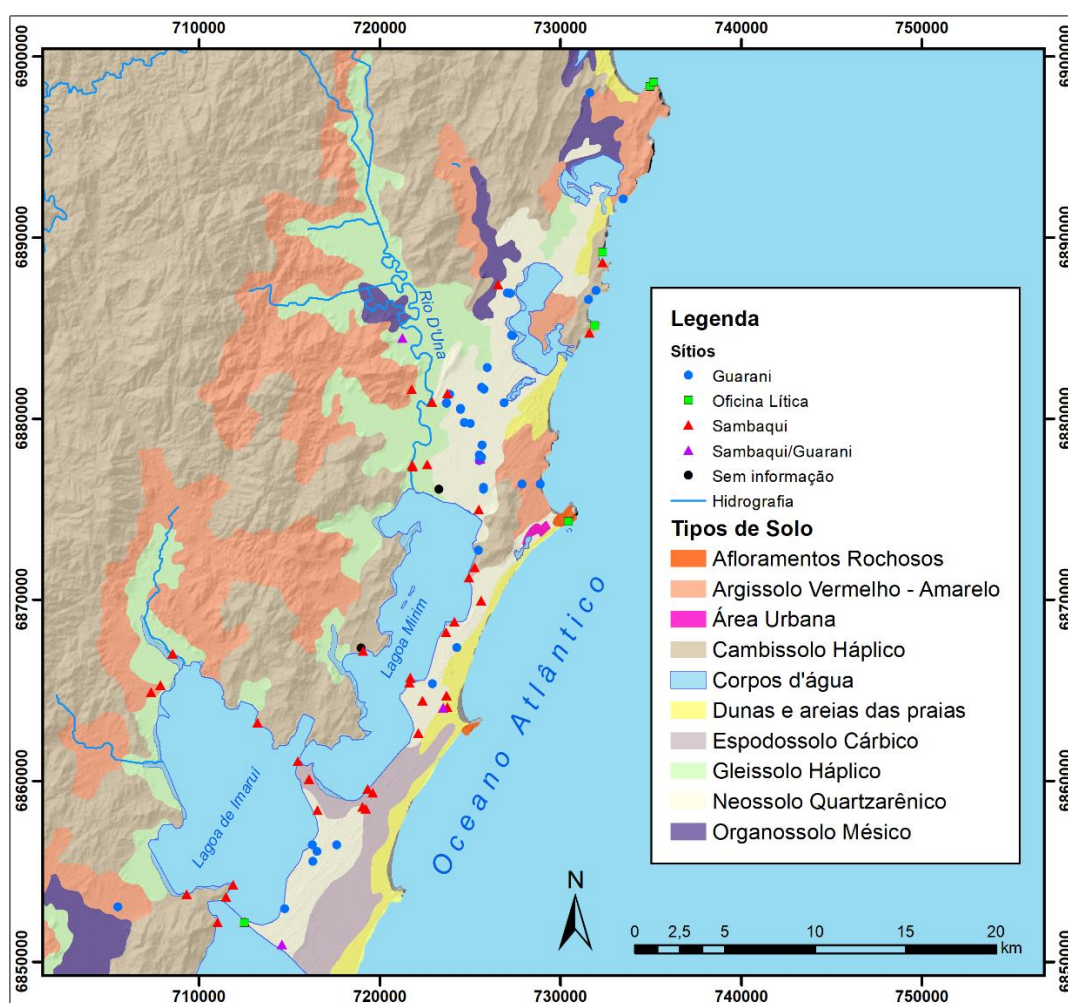


Figura 5 - Classificação dos tipos de solo da área de pesquisa, com sítios arqueológicos em destaque. Elaborado pelo autor. Fonte: Embrapa Solos (2004).

Na Figura 5 apresentamos os tipos de solo existentes na área de pesquisa. Nota-se que a maior parte dos sítios arqueológicos estão em áreas de neossolos quartzarênicos, espodossolos e gleissolos. Estes tipos de solo, apesar de bastante arenosos e relativamente pouco nutritivos, foram utilizados e manejados para práticas agrícolas de pequena escala por populações humanas pretéritas (Scheel-Ybert & Boyadjian 2020). As informações de tipo de solo nos permitem interpretar também um outro importante aspecto do registro arqueológico: a preservação. Os gleissolos são um tipo de solo caracterizado pelo encharcamento e pela baixa capacidade de drenagem, presentes próximos às lagoas onde se encontram vários sítios arqueológicos (Santos *et al.* 2014). Também evidenciamos a presença dos campos de dunas na região, a movimentação destes sedimentos pode recobrir sítios e dificultar a identificação de sítios em atividades de prospecção, fenômeno caracterizado nas áreas mais ao sul (Belem 2012).

No que se diz respeito ao clima e a vegetação, a paisagem da paleolaguna de Santa Marta apresenta grande semelhança com a atual. Os dados paleoambientais da região indicam um gradual aquecimento durante o início do Holoceno, com o clima apresentando algumas variações entre períodos secos e úmidos, até se estabilizar a partir de 3000 anos AP (Behling 1998). Atualmente o clima da região pode ser classificado pelo sistema de Köppen como do tipo Cfa – Subtropical, isto é, há umidade em todas as estações e as temperaturas são moderadamente quentes, especialmente no verão (Pandolfo *et al.* 2002).

A vegetação era composta por mangues (que atualmente não existem mais), florestas subtropicais, charcos e áreas de restinga. Um importante aspecto da história da paisagem natural da região está relacionado com o isolamento parcial das lagoas e o assoreamento de corpos d'água. A vegetação costeira foi gradualmente crescendo sobre estas novas áreas expostas (Amaral *et al.* 2012), ampliando não apenas os lugares de habitação, mas também no aumento da variedade de recursos naturais disponíveis, essencial para a ocupação sambaquiana na região (DeBlasis *et al.* 2021) e também para demais populações.

Na porção leste da área de estudo, mais próxima da linha de costa, predomina a vegetação litorânea de restinga e dunas. Na porção oeste e também na planície do Rio d'Una, em contato com as encostas da Serra do Tabuleiro e dos vales do interior está presente a Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica) (Klein 1978). Ambas as áreas possuem ampla disponibilidade de recursos vegetais bastante utilizados pelas populações indígenas, dentre os quais podemos destacar alguns exemplos como: o palmito (*Euterpe*

edulis), o abiú-mirim (*Chrysophillum viride*), a erva-mate (*Ilex paraguayensis*), a canela-preta (*Ocothea catharinensis*), entre outros. O meio ambiente regional também abriga uma enorme quantidade de espécies animais aquáticos e terrestres, que são encontrados no registro zooarqueológico dos sítios da região, por exemplo tatus, antas, macacos, pinguins, gaivotas, golfinhos e diversas espécies de peixes (Figuti 1993; Klokler 2017a; Cardoso 2019). Além das ostras, mariscos e outras conchas bastante presentes no registro (Figuti 1993; Klokler 2017a; Cardoso 2019).

2.2. A OCUPAÇÃO HUMANA

Para esta pesquisa, construímos um banco de dados (Anexo 1) de sítios arqueológicos a partir de consultas em teses, dissertações e artigos (Assunção 2010; Carvalho *et al.* 2011; Santos *et al.* 2017; Di Giusto 2017; Scheel-Ybert *et al.* 2020; Merencio 2021), catálogos de sítios (Piazza 1966a; Rohr 1969, 1984; Farias & Kneip 2010), relatórios de arqueologia de contrato (Lavina 1999, 2003; Silva *et al.* 1999; Farias 2010, 2012, 2013; Oliveira 2010; Farias *et al.* 2012, 2016; Farias & DeBlasis 2014; Schwengber 2015; Pestana & Ribeiro 2016; Silva 2018; Costa 2020). A realização desse levantamento permitiu identificar um total de 110 sítios arqueológicos na área de pesquisa. Destes, temos 87 sítios com coordenadas geográficas conhecidas². Na Figura 6, apresentamos o mapa³ com o conjunto de 87 sítios identificados no recorte deste trabalho, separados em cinco categorias distintas de acordo com o tipo de material identificado no local: sambaquis, sítios Guarani, sambaquis com presença de material Guarani, oficinas líticas e sítios sem informação.

² Os vinte e três sítios restantes que não possuem coordenadas geográficas conhecidas se referem à sítios registrados principalmente por Rohr e Piazza durante a década de 1960, que não possuem coordenadas registradas. O fato de que alguns destes sítios já estavam em pleno processo de destruição na época, dificulta a relocalização dos mesmos.

³ No site <https://henrique-kozlowski.github.io/arqueologia/>, é possível visualizar uma versão interativa do banco de dados utilizado na pesquisa.

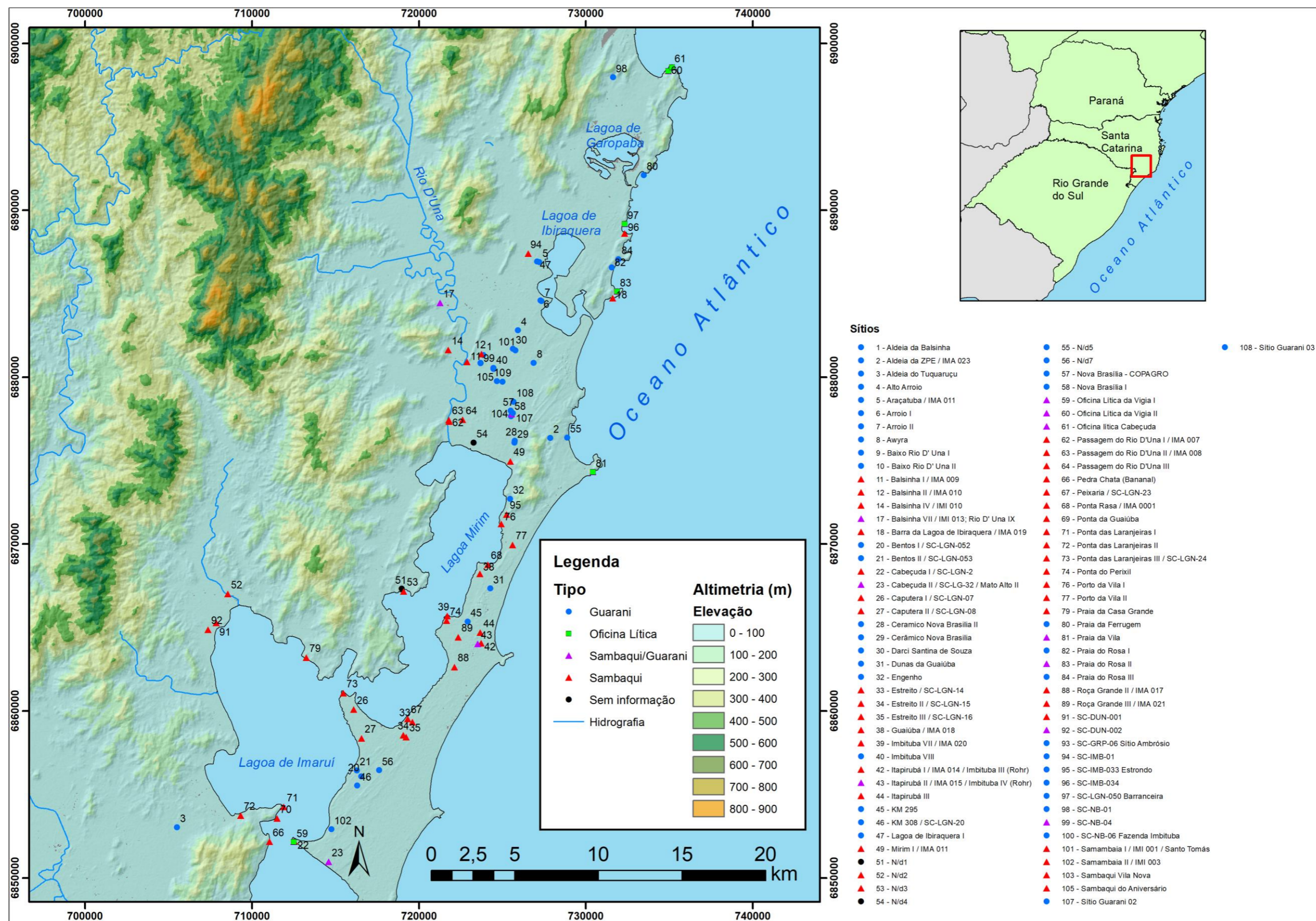


Figura 6 - Mapa de localização dos sítios arqueológicos na área de pesquisa. Elaborado pelo autor.

Analisando o mapa ficam evidentes, em um primeiro olhar, aspectos da distribuição espacial dos sítios arqueológicos na região que nos permitem visualizar alguns dos elementos da história da ocupação de diferentes grupos na região. Ao redor da lagoa, dispostos em uma orientação longitudinal, temos os sambaquis. Estes sítios também estão presentes em alguns pontões rochosos no litoral, próximos às áreas de atividade da indústria lítica, e com certa interiorização no vale do Rio d'Una. Enquanto que os sítios Guarani, em sua maioria, estão concentrados na planície entre a Lagoa Mirim e a Lagoa de Ibiraquera.

A distribuição destes sítios e as relações destes padrões espaciais com a história de ocupação do território serão os temas a serem explorados nos capítulos seguintes. De antemão, no entanto, devemos fazer uma ressalva muito importante sobre a distribuição espacial dos sítios. Essa ressalva tem relação ao viés de amostragem das pesquisas arqueológicas. A maioria dos sítios conhecidos estão nas áreas próximas à rodovia BR-101 e nos locais de maior ocupação humana atual. Muitos dos sítios identificados na região são resultado de trabalhos de prospecção no âmbito do licenciamento ambiental, cujas ações possuem um raio limitado de exploração. É possível conceber, portanto, que muito provavelmente há mais sítios arqueológicos em áreas que atualmente aparentam ser “vazias”. Uma dessas áreas é o fundo do vale do Rio d'Una, na direção do Parque Estadual da Serra do Tabuleiro, que pode ter sido uma área de importante contato entre o litoral e o interior. Outro ponto importante é que a maior parte das pesquisas realizadas até o momento se dedicou a estudar os sambaquis. Os sítios Guarani, que são muitos na região, não tiveram a mesma atenção. Todavia, apesar da existência de lacunas, acreditamos também que o nosso universo amostral seja bastante representativo das ocupações humanas da região, principalmente quando nos referimos às populações sambaquianas.

A região do complexo lagunar de Santa Catarina apresenta um longo histórico de ocupação humana. A ocupação mais antiga é a das populações sambaquianas desde pelo menos 7500 cal AP (DeBlasis & Gaspar 2009). De maneira geral o motivo pela qual esta região é bastante reconhecida na literatura arqueológica se deve justamente aos sambaquis, cuja discussão científica inicia-se já no final do século XIX (Gaspar 2000). No litoral sul-catarinense há também grande quantidade de sítios Guarani, representantes dos processos mais recentes de ocupação humana na região antes da colonização europeia (Milheira 2010) e também de sítios com material cerâmico relacionado à populações Jê

(DeBlasis *et al.* 2014; Merencio 2021). A seguir falaremos especificamente de cada um destes grupos.

Esta etapa de levantamento de dados sobre os sítios arqueológicos da região resultou também na produção de um banco de informações cronológicas (Anexo 2). Este levantamento expande a compilação de datas feita por Merencio (2021) para regiões mais ao sul de nossa área de pesquisa. A fim de dialogar com outros trabalhos com relação à cronologia regional, utilizamos os mesmos métodos de calibração de datas feitas por Merencio (2021) para as datas incluídas nesta pesquisa. Para isso utilizamos o *software* Calib 8, utilizando os seguintes parâmetros para cada tipo de material: carvões – Curva SHCal20, conchas – Curva Marine20 com $\Delta R -87\pm 38$, gerado a partir do banco de dados do efeito reservatório do próprio Calib, ossos humanos – Curva mista 50% SHCal20 e 50% Marine20 com $\Delta R -87\pm 38$. Na calibração não incluímos as datas que estão presentes na literatura mas que não foram publicadas com informações sobre a data absoluta ou informações sobre o tipo de material datado. Estas datas, incluindo as datações de termoluminescência estão organizadas apenas na tabela do Anexo 2.

No gráfico da Figura 7 apresentamos uma visão geral da cronologia da ocupação humana na região, com datas calibradas Antes do Presente. Apesar da pequena quantidade de datas disponíveis para a nossa área, é possível observar algumas tendências que dialogam com as teorias sobre a ocupação humana na região.

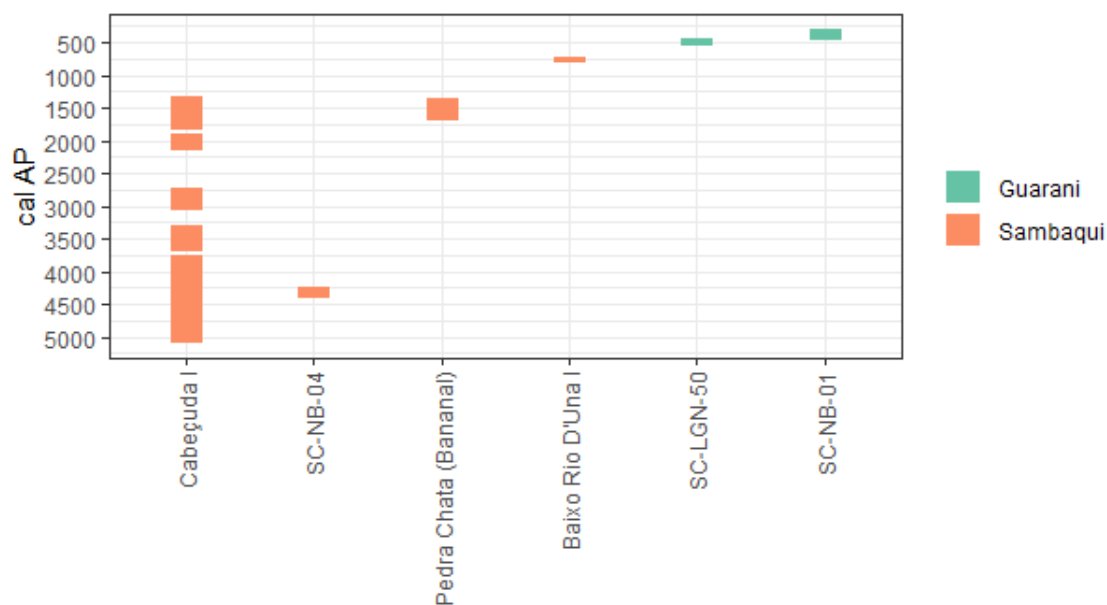


Figura 7 - Cronologia da ocupação regional. Elaborado pelo autor.

Fica evidente o registro longo e duradouro de populações sambaquianas, com cerca de 4 mil anos de duração. O sítio Cabeçuda I é o maior informante deste longo período de ocupação, pois possui as datas mais antigas e também as mais recentes para ocupações sambaquianas. Esse período de ocupação sambaquiana é seguido, após um pequeno intervalo, de uma ocupação Guarani que se estende até o início da colonização europeia na região.

Quando observamos o registro arqueológico da região notamos que há uma lacuna no registro das populações Jê Meridionais. O material arqueológico associado às populações Jê do Sul é bastante recorrente em sítios mais ao sul de nossa área de pesquisa (DeBlasis *et al.* 2014). A ausência de publicações sobre material Jê no recorte espacial deste trabalho não pode ser interpretada simplesmente como a ausência de povos Jê em nossa região. A partir da análise de cronologias regionais (DeBlasis *et al.* 2007; Merencio 2021) podemos ver que o intervalo de datas apresentado no gráfico da Figura 7 corresponde ao período de ocupação Jê Meridional, que ocorre entre a ocupação sambaquiana e a ocupação Guarani.

2.2.1. Os sambaquis

Em áreas litorâneas ao redor do mundo há uma recorrência de sítios arqueológicos cuja matriz é composta por conchas (Lima 2000). Estes sítios, marcados pelos remanescentes malacológicos, são registro de populações humanas intimamente ligadas aos ambientes aquáticos e costeiros (Villagran 2012). Apesar desta recorrência ao redor do globo, esse registro arqueológico não representa um mesmo grupo humano. Há diferenças nos processos históricos e de formação do registro em cada lugar, com particularidades específicas para cada região. Diferenças que se refletem nas nomenclaturas existentes: *sambaquis*, *shellmounds*, *concheros*, *conchales*, *kjoekkenmoeddings*, etc. (Lima 2000; Villagran 2012). De maneira geral, estes sítios podem ser compreendidos como sítios conchíferos, isto é, sítios cuja matriz sedimentar é composta por conchas.

Os sítios conchíferos com datas mais recuadas no passado humano estão localizados no sul da África do Sul, em sítios como *Pinnacle Point Cave* (Marean *et al.* 2007) e *Blombos Cave* (Jacobs *et al.* 2006) datando do Pleistoceno, com mais de 100 mil anos AP. Na Europa os sítios conchíferos mais antigos estão relacionados à exploração de ambientes aquáticos por populações neandertais há 110 mil anos AP (Stiner *et al.* 1999; Villagran 2012) e na Oceania, com datas de até 27 mil anos AP (Balme & Hope 1990;

Balme 1995). No continente americano as datas mais antigas para sítios conchíferos estão localizadas na América do Norte, com sítios de mais de 12 mil anos AP, situados na transição do Pleistoceno-Holoceno (Villagran 2012). Na América do Sul, os sítios conchíferos mais antigos estão localizados na costa do Peru, com datas de 11,2 mil anos AP (Sandweiss 2003; Villagran 2012). Essa recorrência de sítios conchíferos de longa duração e ampla dispersão em uma escala global demonstra a forte relação existente entre a adaptação e expansão de grupos humanos e a exploração de ambientes aquáticos.

No Brasil, os sítios conchíferos são conhecidos pelo nome sambaqui. Essa denominação tem uma origem etimológica Tupi, formada a partir das palavras *tamba* (conchas) e *ki* (amontoad) (Gaspar 2000). Há ocorrências de sambaquis em praticamente toda extensão do território nacional, do litoral Rio Grande do Sul ao Pará e também presente em algumas porções da Amazônia (Gaspar 2000; Lima 2000; Villagran 2012; Prous 2019; Merencio 2021). Há sítios conchíferos localizados tanto em áreas litorâneas como também em áreas fluviais, para o interior do continente, como é o caso dos sítios do Vale do Ribeira entre São Paulo e Paraná. Ao longo da faixa litorânea os sítios conchíferos concentram-se em ambientes estuarinos e lagunares, áreas de ecótonos naturalmente ricos em recursos para subsistência humana (Lima 2000). As datas mais antigas para sambaquis no Brasil são dos sambaquis fluviais, localizados em áreas interioranas próximas a rios. Podemos citar aqui o sítio Capelinha com datações de mais de 10.000 anos AP (Figuti *et al.* 2013) localizado no vale do Rio Ribeira de Iguape em São Paulo, e o sítio Taperinha, com datações de 8.000 anos AP, próximo à Santarém no Pará (Roosevelt *et al.* 1991). Para os sambaquis do litoral as datas mais antigas ocorrem no litoral de São Paulo no sítio Cambriu Grande, com mais de 7.800 anos AP (Calippo 2004), e no litoral do Rio de Janeiro no sambaqui do Algodão, também com mais de 7.800 anos AP (Lima *et al.* 2002). Para o estado de Santa Catarina, o sambaqui mais antigo é o sítio Caipora com datas de 7.500 anos AP (Giannini *et al.* 2010; Assunção 2010; Wagner *et al.* 2011).

As pesquisas sobre sambaquis estão profundamente ligadas com o desenvolvimento da arqueologia no Brasil. As primeiras referências textuais aos sambaquis e sua origem estão presentes em textos do século XVI produzidos por padres jesuítas como José de Anchieta, Fernão Cardim e Gabriel Soares de Souza. Esses relatos descrevem ilhas de conchas existentes na costa, resultado de atividades de coleta de moluscos por populações indígenas do interior (Lima 2000; Wagner *et al.* 2011). A partir do século XIX, com incentivo de D. Pedro II, cientistas começam a investigar os

sambaquis (Wagner *et al.* 2011). Neste período surge um tema que é explorado por mais de um século: a origem dos sambaquis. Inicialmente este debate se divide em duas correntes dicotômicas: uma denominada artificialista e outra denominada naturalista (Lima 2000).

A corrente artificialista parte do pressuposto de que os sambaquis teriam uma origem antrópica, resultado do acúmulo não-intencional de restos de comida das populações indígenas. Essa corrente se desenvolve a partir de analogias com os sítios conchíferos de Dinamarca, os *kjoekkenmoeddings* citados anteriormente, que também eram compreendidos como remanescentes de atividades humanas (Lima 2000). Entretanto, é interessante notar que a compreensão dos *kjoekkenmoeddings* como sítios resultantes da atividade antrópica tem grande influência das discussões ocorridas em meados do século XIX entre o arqueólogo dinamarquês Peter Lund, que residia em Minas Gerais, e seus compatriotas da Dinamarca. Nestas cartas, Lund, que acreditava que os sambaquis tinham uma origem antrópica artificial, apresentava seus argumentos para colaborar com a definição da origem antrópica dos *kjoekkenmoeddings* dinamarqueses comparando-os com os sambaquis. Todavia, conforme discute Langer (2001: 36) essa troca de correspondências ficou praticamente desconhecida.

Inicialmente as pesquisas desta corrente se concentravam em aspectos tecnológicos e biológicos das populações, mas foram o primeiro passo em direção à pesquisas sobre as características culturais e da organização social destas populações (Gaspar *et al.* 2008). A corrente naturalista, capitaneada pelo zoólogo Hermann von Ihering, se posiciona em contraponto aos defensores da origem antrópica alegando que os sambaquis possuem uma origem natural. As teorias de origem natural dos sambaquis afirmam que estes sítios seriam resultado do acúmulo natural de conchas devido às oscilações do nível relativo do mar e eventos geomorfológicos costeiros (Lima 2000; Wagner *et al.* 2011). Esta corrente deu origem à pesquisas que analisaram os sambaquis a partir de uma perspectiva paleogeográfica, buscando compreender processos costeiros ao longo do tempo (Gaspar *et al.* 2008). No final do século XIX surge também uma terceira corrente propondo que alguns sítios conchíferos seriam resultado de processos naturais e outros de atividades antrópicas com influências de processos naturais (Lima 2000).

As correntes teóricas da origem dos sambaquis no século XIX se fazem presentes, de certa maneira, até meados dos anos 1950 quando o assunto é superado nas publicações (Lima 2000). Sem dúvidas, uma das maiores contribuições desse longo

debate foi o caráter interdisciplinar implantado nas pesquisas sobre sambaquis. As propostas de estudo destes sítios feitas por arqueólogos, antropólogos, historiadores, geólogos, geógrafos e biólogos garantiram uma compreensão mais profunda sobre estes sítios. A partir da segunda metade do século XX, com avanços teóricos e metodológicos trazidos pela missão franco-brasileira e o PRONAPA (Programa Nacional de Pesquisas Arqueológicas) estudos mais sistemáticos são elaborados, visando prospectar, descrever e organizar os sambaquis em fases e tradições arqueológicas nos preceitos do histórico-culturalismo (Lima 2000; Prous 2019). A partir da década de 1980, a arqueologia dos sambaquis é influenciada pelo paradigma processual e pesquisas sistemáticas focadas em estratégias de ocupação e aproveitamento do espaço, zooarqueologia e bioarqueologia são desenvolvidas (Wagner *et al.* 2011). Estes diferentes paradigmas da pesquisa dos sambaquis ao redor do Brasil se conectam diretamente aos trabalhos arqueológicos desenvolvidos em nossa área de estudo na porção norte do complexo lagunar de Santa Catarina.

No recorte espacial deste trabalho as pesquisas arqueológicas são iniciadas a partir da obra pioneira de Fróes de Abreu (1928), mapeando sambaquis e apresentando uma extensa discussão sobre estes sítios e os indivíduos que os construíram. Na Figura 8 abaixo reproduzimos o mapa elaborado pelo autor, onde estão demarcados importantes sítios da área de pesquisa: Cabeçuda, Carniça, Caputera, Vila Nova, Perrechil e Rio d'Una.

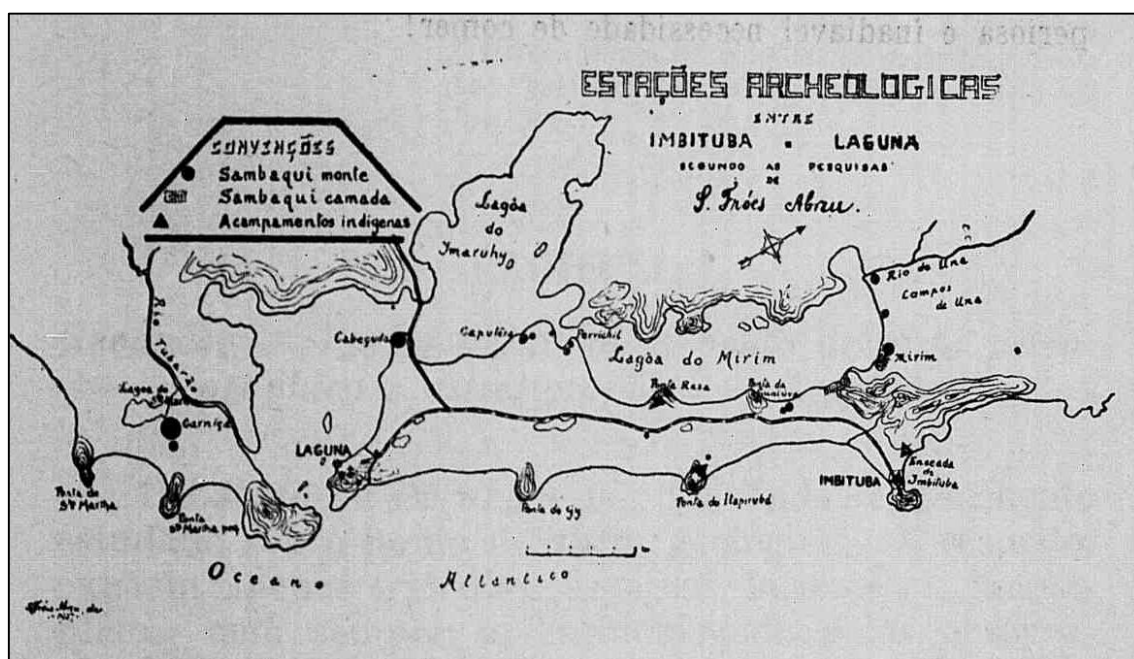


Figura 8 - Mapa de Sítios Arqueológicos da Lagoa de Imaruí produzido por Fróes de Abreu (1928).

A partir das décadas seguintes podemos destacar as escavações realizadas por Castro Faria no sambaqui Cabeçada, localizado no município de Laguna, durante a década de 1950 (Castro Faria 1959; Silva 2019). Estas pesquisas serviram não só para compreender os sambaquis, mas também para sustentar os argumentos da criação das primeiras leis de proteção ao patrimônio arqueológico no Brasil.

Da segunda metade do século XX em diante, a partir de um paradigma histórico-culturalista e influenciado por missões estrangeiras, temos as pesquisas intensivas de arqueólogos como o Padre João Alfredo Rohr (1969, 1984), Walter Piazza (1966a; b; Piazza & Eble 1977), Wesley Hurt (1974) e Anamaria Beck (1972). As pesquisas destes arqueólogos ajudaram não somente a mapear e proteger uma grande quantidade de sambaquis, que estavam sendo utilizados como fontes de cal para a construção civil, como também ampliaram o conhecimento destes sítios em aspectos tecnológicos, econômicos e culturais. Ao longo dos anos 1980 o novo epicentro das pesquisas sobre sambaquis está localizado no Rio de Janeiro (Lima 2000), Santa Catarina volta ao protagonismo a partir da década seguinte, quando novas perspectivas arqueológicas entram em cena.

A partir da década de 1990, há uma grande mudança no cenário das pesquisas arqueológicas na região, principalmente relacionadas com o desenvolvimento do projeto de pesquisa “Sambaquis e Paisagem” (DeBlasis *et al.* 2007). No âmbito deste projeto temático uma grande quantidade de trabalhos é realizada nos sambaquis da região, incluindo prospecções, escavações e modelagens regionais que trouxeram novas interpretações sobre a organização social e cronologia da ocupação humana. A realização de abordagens geoarqueológicas (Giannini *et al.* 2010; Amaral *et al.* 2012; Villagran 2012), zooarqueológicas (Klokler 2008), bioarqueológicas (Okumura & Eggers 2005; Okumura 2007), antracológicas e arqueobotânicas (Scheel-Ybert 2000, 2001), geoespaciais (Kneip 2004) e regionais (Assunção 2010), permitiu ir além do conceito de que os sambaquis eram um registro das atividades alimentares de grupos nômades coletores de moluscos (Gaspar 2000).

Os sambaquis passam a ser interpretados como construções monumentais, representantes de uma paisagem complexa, estruturada e profundamente repleta de significados (Gaspar 2000; DeBlasis *et al.* 2007; DeBlasis & Gaspar 2009; Fish *et al.* 2013; Iriarte *et al.* 2017; DeBlasis *et al.* 2021). Uma das hipóteses levantadas nestas pesquisas é a de que “os sambaquis representam um processo contínuo de sedentarização, adensamento demográfico e complexificação na organização social de uma população de pescadores-coletores” (DeBlasis & Gaspar 2009: 94).

Recentemente novas perspectivas de pesquisa têm surgido desde então, focando nos períodos mais tardios da ocupação sambaquiana e da relação destas populações com outros grupos humanos que habitaram o litoral, como os povos Jê do Sul e Guarani. O desenvolvimento do projeto “Paisagens Jê do Sul do Brasil” (Iriarte *et al.* 2014) investigou a relação entre a expansão das populações Jê com os grupos sambaquianos, verificada a partir da presença de cerâmica Itararé-Taquara (associada a populações Jê) nas camadas mais recentes de sambaquis. Utilizando técnicas geoespaciais, zooarqueológicas, estudos genéticos e análise da cultura material para investigar este período foi possível identificar transformações na sociedade sambaquiana. Essas transformações demonstram processos de interação entre populações do planalto e do litoral, onde pode ter se desenvolvido um processo de etnogênese (DeBlasis *et al.* 2014; Posth *et al.* 2018; Cardoso 2019; Merencio 2021).

A grande densidade demográfica da região (Fish *et al.* 2013), as intensas atividades de produção alimentar através da pesca (Colonese *et al.* 2014; Fossile *et al.* 2019; Toso *et al.* 2021) e através da horticultura (Pezo-Lanfranco *et al.* 2018; Scheel-Ybert & Boyadjian 2020; Scheel-Ybert *et al.* 2022), bem como a monumentalidade dos sítios (DeBlasis *et al.* 2007; DeBlasis & Gaspar 2008; Fish *et al.* 2013) demonstram que a população sambaquiana compõe uma sociedade de grande complexidade e mobilidade reduzida a uma escala local (Fidalgo *et al.* 2021), cujas relações sociais estão circunscritas ao ambiente lagunar e a uma paisagem simbólica marcada por sítios monumentais. De acordo com DeBlasis *et al.* (2021) a população sambaquiana é constituída por núcleos sociais heterárquicos, politicamente equivalentes, em uma rede de interação socioeconômica maior centrada na paisagem lagunar. Esse modo de vida se mostra bastante eficiente na região devido à sua longa permanência e estabilidade – mais de 6 mil anos -, que se altera apenas com a chegada de novas populações no Holoceno tardio. Contudo, a paisagem e o modo de vida sambaquiano influenciou as populações humanas que a sucederam na região (DeBlasis *et al.* 2014; Scheel-Ybert *et al.* 2020; Scheel-Ybert & Boyadjian 2020).

Neste trabalho nosso foco está direcionado aos sítios conchíferos do litoral sul de Santa Catarina, que em nosso recorte de pesquisa correspondem à 65 dos 110 sítios arqueológicos registrados. Esta região, que apresenta uma grande quantidade de sítios e com exemplos monumentais como o sítio Garopaba do Sul, é um dos lugares mais pesquisados na arqueologia dos sambaquis. O conjunto de sambaquis do litoral sul

catarinense apresenta uma grande variabilidade interna resultante de um palimpsesto de ocupação humana regional. Conforme discutido por Merencio (2021), podemos identificar pelo menos quatro tipos de sítios: os sambaquis propriamente ditos, os sambaquis tardios, os sítios monticulares com cerâmica Itararé-Taquara e os sítios conchíferos com cerâmica Itararé-Taquara – a diferença entre estes dois últimos tipos sendo na composição malacológica e na funcionalidade. Estas categorias estão relacionadas à diferentes períodos cronológicos da ocupação humana na região.

A princípio iremos nos ater às duas primeiras categorias citadas acima para discutir uma caracterização geral dos sambaquis. Em linhas gerais, os sítios possuem uma feição monticular composta principalmente por numerosas camadas estratigráficas de conchas, remanescentes faunísticos, matéria orgânica e sedimentos escuros. Os sítios estão implantados em áreas de baías e mangues, sendo que sua base pode estar estabelecida diretamente sobre a areia ou afloramentos rochosos (Lima 2000; Prous 2019). O material malacológico permite identificar a recorrência de espécies como a *Anomalocardia flexuosa*, *Donax hanleyanus*, *Amarilladesma mactroides* e *Ostrea sp.*, recorrentes na região lagunar. No registro arqueológico ficam evidentes estruturas como sepultamentos, áreas de combustão e buracos de postes. O conjunto artefactual identificado é produzido em ossos, conchas e rochas polidas e lascadas. Destaca-se no conjunto artefactual um tipo específico de artefato lítico polido produzido em rochas basálticas, denominado zoólito. Esses artefatos são esculturas zoomorfas e geométricas representando diferentes formas animais do ambiente costeiro e que chamam bastante a atenção devido aos detalhes e complexidade (Prous 2019). Nos sítios são identificados diversos elementos relacionados à atividades funerárias e cotidianas (Gaspar 2000, 2014; DeBlasis *et al.* 2007; Gaspar *et al.* 2008; Wagner *et al.* 2011; Prous 2019; Merencio 2021).

Por fim, nesta caracterização geral a questão cronológica assume um papel central para compreender a ocupação sambaquiiana. O trabalho de Merencio (2021: 45) situa quatro momentos distintos para a ocorrência de cada uma das categorias de sítios: um primeiro período de 7500 à 1500 anos AP, correspondente aos sambaquis “clássicos”; um período que inicia se sobrepondo ao final deste período inicial em 2000 anos AP até 900 anos AP, relacionado aos sítios denominados de sambaquis tardios; e por fim um período que ocorre por volta de 1200 anos AP até meados de 500 anos AP, onde há a ocorrência dos sítios com presença de cerâmica Itararé-Taquara e verifica-se uma mudança nos padrões de deposição dos sítios.

2.2.2. As populações ceramistas

O período compreendido entre 2.000 anos AP e 500 anos AP é marcado por transformações no registro arqueológico dos sambaquis do litoral sul de Santa Catarina (DeBlasis *et al.* 2007). Este momento é identificado arqueologicamente como o período tardio da ocupação sambaquiiana (DeBlasis *et al.* 2014; Merencio 2021). Os sambaquis deste período, identificados como sambaquis tardios, apresentam continuidade em relação à seu conteúdo artefactual e funerário, mas diferem em composição estratigráfica e na implantação da paisagem (Merencio 2021). A partir de 1300 anos AP surgem concomitantemente os denominados sítios monticulares (Merencio 2021), que são sítios que apresentam algumas semelhanças aos sambaquis, mas possuem um elemento importante para este período: a cerâmica. A cerâmica identificada nestes sítios corresponde à cerâmica Taquara-Itararé, relacionada às populações Jê do sul do Brasil.

A ocupação Jê no litoral sul de Santa Catarina ocorre no contexto de expansão territorial destas populações que ocorre por volta de 1300/1000 anos AP, associado a uma complexidade emergente destas populações traduzida através da construção de grandes obras de engenharia de terra como sítios de estruturas subterrâneas, montículos e estruturas anelares (Beber 2004; Corteletti 2013; DeBlasis *et al.* 2014; De Souza *et al.* 2016a; b; Iriarte *et al.* 2017) e com o crescimento das florestas de araucária (Bitencourt & Krauspenhar 2006; Iriarte & Behling 2007). Estas estruturas são bastante características da ocupação Jê do Sul, porém são mais recorrentes nas áreas do planalto, devido a processos históricos específicos decorrentes do contato interétnicos com populações Guaraní (De Souza *et al.* 2016a).

Em seu ponto máximo de expansão territorial, apresentado por De Souza e Noelli (2017), as populações Jê ocupavam uma área que se estendia do Estado de São Paulo até o norte do Rio Grande do Sul e partes da província de Misiones na Argentina. Toda a faixa litorânea atlântica nesta área também fazia parte deste território, sobrepondo-se, portanto, ao território dos povos sambaquiianos. As populações Jê do Sul estavam presentes em diferentes ambientes, dos planaltos, pelas encostas da Serra do Mar às restingas e planícies do litoral. Os principais estudos sobre essas populações em Santa Catarina e sua relação com diferentes ambientes e grupos humanos são resultantes do projeto temático “Paisagens Jê do Sul do Brasil”, desenvolvido pelo Museu de Arqueologia e Etnologia da USP em parceria com diferentes universidades brasileiras e estrangeiras (Iriarte *et al.* 2014).

A partir deste projeto algumas questões importantes sobre a presença Jê no litoral de Santa Catarina foram desenvolvidas. Conforme apontado por DeBlasis *et al.* (2007), a partir de 2000 anos AP começam a ocorrer uma série de transformações no registro arqueológico dos sambaquis. Estas transformações estão relacionadas a um processo de contato com as populações Jê advindas do planalto e em pleno processo de expansão. Conforme discutido por Merencio (2021), há elementos na paisagem arqueológica do litoral sul de Santa Catarina que indicam um “longo, complexo e gradual processo de interação, que resultou na construção de novas materialidades e rearticulação de diferenças culturais entre grupos sambaquieiros e Jê” (Merencio 2021: 236). As análises de DNA antigo realizadas por Posth *et al.* (2018) demonstram aproximações genéticas entre os sambaquianos e povos Jê, relação também já discutida nos trabalhos de Neves (1984) e Okumura (2007).

Essas informações vão de acordo com as propostas de DeBlasis *et al.* (2014) ao analisar o registro funerário do sítio Galheta IV, um sambaqui onde as estruturas funerárias apresentam características bastante comuns aos sepultamentos de grupos Jê do Sul, porém com elementos que remetem aos grupos sambaquianos. Os autores interpretam esse registro arqueológico como sendo resultado deste processo lento e gradual de contato, onde apesar de diferenças nos sepultamentos e estratégias econômicas com os sambaquianos, os Jês do Sul teriam herdado uma percepção daquela paisagem litorânea a partir da ótica sambaquiana. Este processo de interação entre sambaquianos e Jês do Sul é interrompido a partir da chegada de novos grupos ceramistas no litoral sul de Santa Catarina: os Guarani.

Entre os 110 sítios arqueológicos conhecidos em nossa área de estudo há 37 sítios identificados como sendo sítios Guarani. Entre os sambaquis, há três deles que apresentam material cerâmico associado à populações Guarani: Balsinha VII, Itapirubá II e Cabeçuda II. Portanto, mais de um terço de todos os sítios compreendidos nesta pesquisa. A maior parte destes sítios concentra-se na planície entre a Lagoa Mirim e a Lagoa de Ibiraquera, no município de Imbituba, conforme observa-se no mapa da Figura 6. No mapa de Fróes de Abreu (1928), Figura 8, existem alguns pontos chamados de “acampamentos indígenas”. Segundo o autor estes sítios foram indicados pelo guia local. Nestes sítios há evidências de material lítico e cerâmico, sendo que uma das vasilhas cerâmicas representadas no texto se assemelha muito à cerâmica Guarani. Ao comparar a posição dos sítios no mapa de Fróes de Abreu com o mapa de localização dos sítios, vê-se uma pequena concentração de “acampamentos” na área de Itapirubá, onde hoje são

identificados alguns sítios Guarani. A partir destas evidências é possível inferir que estes chamados “acampamentos” sejam sítios Guarani, interpretados à época como sítios pertencentes ao conjunto sambaquiano.

Por volta de 900 anos atrás (Novasco *et al.* 2021) as populações ceramistas Guarani começam um processo de ocupação na região litorânea de Santa Catarina. Estas populações originárias de um processo de expansão de povos falantes de línguas do tronco tupi do sudoeste da Amazônia que ocupou as terras ao sul a partir de um corredor pelo rio Paraná e seus afluentes e subafluentes até desembocar no Rio da Prata (Brochado 1984; Noelli 1996; Bonomo *et al.* 2015; Iriarte *et al.* 2017). De acordo com o modelo proposto por Bonomo *et al.* (2015), a ocupação Guarani em nossa área de pesquisa, o litoral sul de Santa Catarina, ocorre a partir de populações vindas do litoral norte do Rio Grande do Sul. Esses grupos Guarani rumavam ao litoral vindos pelos grandes rios do Rio Grande do Sul: o Rio Ibicuí e o Rio Jacuí.

O trabalho de Milheira (2010) discute de maneira importante a presença Guarani no litoral sul catarinense, apresentando uma proposta para compreender regionalmente os processos históricos do sistema de assentamento Guarani. Partindo do conceito de enxameamento da ocupação Guarani proposto por Brochado (1984), o autor demonstra que a ocupação intensa Guarani em diversas porções do litoral catarinense se dá de maneira concomitante. Sendo a sua área de estudo em Jaguaruna, ao sul de nossa área de pesquisa, uma dessas áreas de rápida expansão e ocupação por estes grupos. O padrão de assentamento identificado em Jaguaruna pelo autor pode ser pensado também para a nossa área de estudo em Imbituba. Em Jaguaruna as áreas de aldeia estão localizadas em “terrenos arenosos pediplanados mais elevados das antigas dunas de idade pleistocênica” (Milheira & DeBlasis 2011: 160). Ao observar as áreas de concentração de sítios arqueológicos Guarani em Imbituba vemos uma recorrência de sítios em áreas com características ambientais muito semelhantes.

O trabalho de Noelli (1993) discute o conceito de *teko'á*, o território dominado por uma comunidade Guarani. Esse território incorpora os diferentes espaços e lugares necessários para a reprodução do modo de vida Guarani, o *ñande reko*. Lino (2007) e Milheira (2010) propõem a existência de um *teko'á* na região dos vales dos rios Araranguá, Urussanga e Jaguaruna. Em seu texto, Milheira (2010) discute uma possível área de 50 km de raio para o *teko'á*. O recorte espacial desta pesquisa está um pouco mais distante da área estudada por Milheira (2010) e Lino (2007), cerca de 20 km a 30 km para além do raio máximo de 50 km do *teko'á*. É possível pensar então em duas situações: a

área de pesquisa da Lagoa de Imaruí seria uma parte mais distante deste mesmo *teko'á* ou então os sítios Guarani da Lagoa de Imaruí seriam parte de um outro *teko'á*. No entanto, essas alternativas não impossibilitam a possibilidade de existir uma conexão entre esses lugares, pois de acordo com Noelli (1993), o conjunto articulado de diferentes *teko'á* compõem uma unidade geopolítica maior denominada de *guará*.

A partir de uma perspectiva de ocupação humana de longa duração, a ocupação Guarani é parte deste processo complexo. Noelli (2000) discute um importante aspecto das populações Guarani: a assimilação do outro, isto é, dos “não-Guarani”. Esse processo, chamado de “guaranização” está relacionado à formação de alianças e conquistas de outros grupos, incorporando populações. No entanto, um outro aspecto essencial da cultura Guarani apresentado por Noelli (2000: 247) é o fato de que eles são “radicalmente prescritivos, reproduzindo-se continuamente com pouca variabilidade na cultura material”. As populações não-Guarani são rapidamente assimiladas e enquadradas em sua cultura. Os dados genéticos apresentados por Posth *et al.* (2018) corroboram as evidências de uma rápida substituição da população Jê-Sambaquiana por uma população Guarani postulada por Hubbe *et al.* (2009), tendo em vista a maior similaridade genética dos sambaquianos com as populações Jê do que com as populações Guarani. Entretanto, como bem marcado por Noelli (2000), há variabilidades regionais entre os Guarani decorrentes de estratégias de adaptabilidade a novos ambientes. Neste sentido a discussão apresentada por Santos *et al.* (2017) sobre como os Guarani no litoral sul possuem estratégias de adaptação ambiental reconhecidas a partir da variedade de sítios arqueológicos associados a estas populações, se relaciona com a nossa pesquisa através da constatação de sambaquis que apresentam camadas de ocupação Guarani. O reaproveitamento e ressignificação do território faz parte deste processo de longa duração da ocupação humana e da construção da paisagem.

Dentro deste processo de ocupação do litoral sul de Santa Catarina por populações ceramistas, é importante discutirmos um dos eventos mais marcantes neste período: a conquista europeia. O processo de colonização europeia, iniciado a partir do século XVI e intensificado nos séculos seguintes, com expedições de bandeirantes e jesuítas (Milheira 2010). As populações indígenas foram caçadas, aprisionadas e escravizadas em um violento processo de conquista, causando um grande impacto nos números populacionais na região do litoral meridional de Santa Catarina. Em sua tese de doutorado, Milheira (2010: 169) discute a possibilidade de que alguns dos sítios Guarani abordados em seu trabalho foram abandonados devido a ocorrência de conflitos com os

colonizadores europeus. Conforme as populações indígenas foram forçadamente removidas de seus territórios, os colonizadores constroem postos de comércio, vilas e missões jesuíticas ao longo do litoral. As imigrações europeias do século XIX também intensificam o processo de expulsão indígena, marcado na região sul principalmente pela ação de bugreiros (matadores de indígenas) e a expansão da ocupação para a produção agrícola. De modo geral, podemos observar que as áreas densamente ocupadas por sambaquianos, Jê e Guarani também são as áreas onde hoje estão localizadas aglomerações urbanas. Em uma ótica de longa duração (Silliman 2012) e também da temporalidade da paisagem (Ingold 1993), vemos uma paisagem densamente ocupada ao longo de milênios por diferentes grupos que estão intrinsecamente ligados ao litoral e as lagoas. A paisagem atual do litoral sul de Santa Catarina é o resultado deste constante movimento populacional e as diferentes dinâmicas e estratégias utilizadas por cada grupo humano.

3. ESPAÇO E ARQUEOLOGIA

A arqueologia é uma ciência de caráter espacial, a análise do componente geográfico presente no registro arqueológico possibilita a produção de interpretações sobre um importante aspecto das populações humanas: a sua relação com o meio e sua organização social. Ao longo da história da arqueologia ocorreram mudanças teóricas e metodológicas em relação às formas de análise do componente espacial do registro arqueológico. Neste capítulo iremos discutir esse desenvolvimento histórico da análise espacial na arqueologia nos seus âmbitos teóricos e metodológicos até o presente momento. Na sequência iremos abordar questões sobre os sistemas de informação geográfica, a arqueologia digital e o uso destas tecnologias na comunicação de resultados de pesquisa.

3.1. ANÁLISE ESPACIAL ARQUEOLÓGICA

Análise espacial é um termo amplo que se entrelaça com o próprio desenvolvimento histórico da arqueologia. Para compreender esse termo é necessário então entender dois pontos: a importância do espaço na arqueologia e como esse conceito foi entendido ao longo do tempo por diferentes arqueólogos para interpretar o registro arqueológico.

De acordo com Gillings *et al* (2020: 3–4), o espaço se manifesta na arqueologia através de um conjunto de relações complexas com o tempo, com a mobilidade e movimento das populações humanas, na formação de suas histórias e práticas cotidianas, com a presença e a ausência de material arqueológico em diferentes lugares e, por fim, com as formas de representar esse espaço. Antes da formalização moderna da disciplina, as bases para o pensamento espacial na arqueologia têm origem ainda em meados do século XVII e XVIII com o trabalho de registro e representação de sítios arqueológicos e monumentos históricos da Inglaterra pelos antiquaristas, em estudos corográficos, isto é, descrições extensivas sobre os lugares e as paisagens (Gillings *et al.* 2020). A presença bastante antiga do componente espacial no pensamento arqueológico resultou na centralidade do espaço no pensar e fazer da arqueologia (Gillings *et al.* 2020). Não é possível então dissociar o registro arqueológico do seu componente espacial, pois isso o descontextualizaria.

Ao longo do tempo a forma de se abordar o espaço na arqueologia variou muito. Isso pode ser observado através de um olhar sobre o pensamento arqueológico de diferentes escolas e paradigmas. No início do século XX, sob a perspectiva do histórico-

culturalismo, identifica-se uma grande influência dos trabalhos de “antropogeografia” do geógrafo alemão Friedrich Ratzel e das obras do antropólogo Franz Boas. Os arqueólogos deste período se utilizaram de mapas de distribuição para interpretar relações entre ambiente e material arqueológico (Clarke 1977b; Wheatley & Gillings 2002; Webster 2008; Trigger 2011; Gillings *et al.* 2020). Um pioneiro nesta área é o arqueólogo britânico Cyril Fox, que trabalhou combinando representações das variações ambientais na paisagem, com a distribuição dos sítios arqueológicos ao longo do tempo (Clarke 1977b; Gillings *et al.* 2020). O trabalho de V. Gordon Childe também é de grande importância, tendo em vista a sua grande influência no discurso da arqueologia na metade do século XX. Em suas obras o espaço é trabalhado a partir da abordagem das áreas culturais, isto é, porções delimitadas geograficamente do espaço onde ocorre a manifestação de uma cultura (Webster 2008). Na França a arqueologia seguiu uma linha bastante semelhante à arqueologia anglófona da época, focando principalmente nos estudos tipológicos. A partir da década de 1950 há uma influência dos trabalhos de Gordon Childe e outros autores estrangeiros, a distribuição espacial das culturas arqueológicas e a dimensão espacial do registro arqueológico como um todo são mais exploradas (Linden & Roberts 2011).

Apesar das diferenças regionais de cada escola de pensamento arqueológico, o espaço na perspectiva do histórico-culturalismo é entendido e abordado como sendo um plano de fundo do desenvolvimento das diferentes culturas. De acordo com Wheatley e Gillings (2002: 5), o espaço era trabalhado apenas na forma de mapas de distribuição, onde as análises espaciais se resumem aos padrões visuais. As mudanças de perspectiva começam a se desenvolver principalmente com a arqueologia norte-americana influenciada pela ecologia cultural de Julian Steward (1955) e os trabalhos de Gordon Willey (1953) no vale Virú no Peru. Estes trabalhos marcam os princípios de uma abordagem de análise espacial na arqueologia conforme podemos compreendê-la atualmente e que viria a ser mais desenvolvida nas décadas seguintes (Gillings *et al.* 2020).

A partir da década de 1960, com o desenvolvimento da arqueologia processual formada das influências do neopositivismo e das abordagens quantitativas em ciências humanas (Watson 2008; Trigger 2011), a análise espacial na arqueologia se desenvolve rapidamente. Aos moldes dos trabalhos da geografia quantitativa da época, principalmente a obra *Models in Geography* de Chorley e Haggett (1967), arqueólogos como David Clarke, Ian Hodder e Clive Orton produzem trabalhos (Clarke 1972, 1977a; Hodder & Orton 1976) discutindo teoria e método para analisar espacialmente o registro

arqueológico. Estes trabalhos se baseiam na Teoria Geral de Sistemas de Bertalanffy (1968), na Teoria de Lugares Centrais de Walter Christaller, na aplicação de polígonos de Thiessen-Voronoi (Voronoi 1908) e nas análises de áreas de captação de recursos (*Site Catchment Analysis*) (Vita-Finzi *et al.* 1970). As pesquisas subsequentes desta perspectiva arqueológica abordam o espaço como sendo um “quadro vazio em que as atividades culturais deixam traços” (Wheatley & Gillings 2002: 5). A partir desta perspectiva o espaço é entendido então como um objeto que poderia ser medido, analisado e estudado através de métodos quantitativos. Neste período de maior desenvolvimento da arqueologia processual é quando muitas técnicas de análise espacial são adotadas e criadas para interpretar o registro arqueológico. Várias destas técnicas desenvolvidas nesta época ainda são utilizadas para a análise espacial arqueológica, nesta pesquisa inclusive, contudo há uma revisão das perspectivas teóricas desde então.

A partir da década de 1990, com os desenvolvimentos teóricos que questionavam a arqueologia processual, há uma grande mudança nos conceitos de espaço adotados pela arqueologia. Sob uma ótica da fenomenologia, discutida principalmente na obra de Tilley (1994), o espaço é pensado como algo subjetivo, dotado de agência, interpretado e construído ao longo do tempo de maneira distinta por grupos humanos (Gillings *et al.* 2020: 11). As pesquisas arqueológicas utilizam conceitos geográficos como território, lugar e paisagem para pensar o espaço em termos políticos, sociais, econômicos e culturais (Criado-Boado 1991; Thomas 2001; Zedeño 2008). Conforme discutido por Gillings *et al.* (2020), o movimento teórico pós-processualista, entendido aqui como os trabalhos críticos e questionadores ao pensamento arqueológico predominante à época, trouxe uma importante contribuição teórica para a análise espacial em arqueologia ao repensar e questionar os conceitos espaciais utilizados até então.

Trazendo a discussão ao nosso local de pesquisa, o litoral sul catarinense, vemos que a análise espacial é bastante presente na produção científica. Há um extenso histórico de pesquisas em sambaquis da região onde são exploradas relações dos sítios com o ambiente (Gaspar 2000; DeBlasis & Gaspar 2009). Recentemente, no entanto, as pesquisas buscam entender as relações espaciais de outras maneiras. Valendo-se do uso de métodos de geoprocessamento e geoestatística para compreender as formas que as populações sambaquianas construíram a paisagem e se relacionaram com o ambiente lagunar (DeBlasis *et al.* 2007, 2021; Kneip *et al.* 2018; Merencio & DeBlasis 2021).

No cenário contemporâneo das pesquisas arqueológicas há uma multiplicidade de teorias, perspectivas e métodos. Situação que ocorre devido as características

particulares da arqueologia como uma ciência interdisciplinar. O espaço, mais do que nunca, tem um papel de grande importância no fazer arqueológico. As análises espaciais hoje são fruto do chamado “entrelaçamento teórico-metodológico” (Bevan & Lake 2013: 18) atual da arqueologia, criando interpretações a partir da integração de métodos quantitativos e teorias sociais recentes. Por fim, observando o desenvolvimento teórico e metodológico da pesquisa arqueológica, e, principalmente da abordagem espacial na arqueologia, vemos uma relação intrínseca entre as perspectivas teóricas e as inovações tecnológicas.

3.2. ARQUEOLOGIA DIGITAL E GEOTECNOLOGIAS

Quase duas décadas atrás, Daly e Evans (2006) apresentaram uma discussão muito importante sobre a tecnologia e o mundo digital na arqueologia, definindo a arqueologia digital como sendo a arqueologia “bem-feita”, isto é, a aplicação de ferramentas digitais para compreender e interpretar o registro arqueológico. Essa afirmação feita pelos autores foi uma forma de defesa, à época, da importância dos métodos de análise digitais na arqueologia. Porém, devemos ressaltar que a qualidade das análises depende muito da qualidade dos dados primários da escavação e análise de artefatos. Nesta coletânea de artigos, os autores versam sobre coleta e quantificação de dados, criação de modelos e simulações, e também sobre ferramentas digitais de divulgação científica. Daquele momento até os dias de hoje, grande parte das técnicas discutidas e apresentadas são lugar comum das pesquisas arqueológicas: é impensável hoje não utilizar meios digitais para organizar e sistematizar dados, o uso de tecnologias espaciais é essencial para qualquer projeto de pesquisa ou prática de campo, a comunicação e publicação de resultados são completamente dependentes da internet. Ao longo do próprio texto os autores reconhecem a velocidade intensa em que ocorrem os desenvolvimentos tecnológicos, o que na época chamaram de “revolução digital”. Um dos importantes avanços desta revolução digital se conecta diretamente com as formas em que a produção do conhecimento arqueológico ocorre, tendo em vista a crescente velocidade na troca de informações e do tamanho das redes de pesquisadores, e também nas formas de extroversão do conhecimento produzido para além da academia.

Apesar de que os avanços tecnológicos da época apresentados no livro já não sejam hoje uma grande novidade para o *corpus* arqueológico, os autores apresentam um argumento interessante para compreender as relações entre a tecnologia da informação na arqueologia. Para os autores podemos entender essas relações a partir de dois pontos de

vista distintos: o primeiro deles é uma visão da arqueologia digital como ferramentas universais, que apesar de possuírem uma base teórica em sua criação, são, em si, desprovidas da capacidade de criar teorias. A aplicação das ferramentas digitais, nesta visão, sempre irá apresentar os mesmos resultados, independentemente da posição teórica do pesquisador. O outro ponto de vista é o oposto, a arqueologia digital possibilita novos olhares para observar fenômenos de diferentes maneiras, em múltiplas escalas, criando ou influenciando a produção teórica (Evans & Daly 2006: 9). Esta pesquisa é baseada neste segundo ponto de vista, pois apesar de que os métodos computacionais utilizem regras matemáticas exatas, a construção dos modelos e as análises de resultados são interpretativas e subjetivas. A perspectiva teórica de um pesquisador tem total influência nas escolhas e na forma de construção de mapas, modelos e análises. Entretanto, é importante destacar que a aplicação de ferramentas de arqueologia digital não deve ser vista com um fim em si mesma, elas devem ser integradas à pesquisa e que auxiliem na interpretação arqueológica como qualquer outra ferramenta (Evans & Daly 2006: 224).

Na discussão sobre a arqueologia digital de Evans e Daly (2006), os autores dedicam uma grande parte do texto para falar sobre os sistemas de informação geográfica. A grande velocidade de inovação presente neste campo teve grande influência nas pesquisas arqueológicas. A partir da afirmação feita pelos autores de que a análise de dados possui uma sede insaciável por mais dados (Evans & Daly 2006: 21), entendemos que há uma necessidade crescente por maiores e por mais equipamentos de coleta, mais informações e mais capacidade computacional. Esse imenso volume de dados demanda, portanto, a criação de tecnologias que sejam capazes de coletar, processar e representar os dados. Hoje chamamos este conjunto de ferramentas de geotecnologias.

As geotecnologias são um grupo de técnicas e métodos para coleta, armazenamento, processamento e integração de informações que possuem um elemento espacial (Rosa 2005). O encadeamento lógico dessas etapas corresponde à um conjunto denominado de geoprocessamento. Em cada uma das etapas do geoprocessamento há um conjunto de técnicas específicas: na coleta de dados utilizam-se tecnologias de sensoriamento remoto ou topografia, no armazenamento são produzidos bancos de dados geoespaciais, o processamento utiliza análises geoestatísticas, álgebra de mapas e modelagens espaciais. A integração de todos estes elementos resulta na produção de um sistema de informações geográficas, conhecido também pelas siglas SIG ou GIS (*Geographic Information Systems*).

Os sistemas de informação geográfica são definidos por Burrough (1986) como um conjunto de ferramentas que possibilitam manipular e visualizar dados do mundo real para algum objetivo determinado. Sendo assim, o SIG se torna uma das mais importantes geotecnologias pela sua capacidade de integrar conjuntos de informações com um atributo espacial, permitindo que o usuário possa realizar interpretações e confeccionar produtos cartográficos que representem visualmente relações espaciais que existem em seu banco de dados. A possibilidade de análise espacial de variáveis permite que ciências que tenham como objeto uma variável que possua algum atributo espacial faz do SIG uma ferramenta de pesquisa indispensável. Neste sentido, a arqueologia é uma destas áreas em que o SIG pode vir a ser um método essencial para se realizar interpretações do registro arqueológico e responder perguntas de pesquisa.

Apesar do desenvolvimento dos SIG começar a partir das décadas de 1970, essa tecnologia estava inicialmente muito circunscrita às ciências da Terra, apenas a partir dos anos 1990 com os avanços da informática que ela começa a ser mais utilizada na arqueologia (Riris 2010). O uso destas técnicas por arqueólogos se desenvolve principalmente a partir de pesquisas com perspectivas geoarqueológicas, buscando integrar dados e modelos ambientais com dados culturais de sítios arqueológicos. A ampliação do acesso à computadores, equipamentos de GPS e *softwares* de SIG, bem como a presença de equipes multidisciplinares em projetos de pesquisa arqueológica nos últimos anos tem causado um grande aumento no uso de alguma forma de sistemas de informação geográfica em projetos de pesquisa, sendo algo cada vez mais usual.

Atualmente podemos identificar pelo menos duas formas em que essa técnica tem sido utilizada: a construção de bancos de dados e a modelagem espacial. Estas formas não são mutualmente exclusivas, sendo possível que projetos realizem os dois tipos de aplicação. Os bancos de dados geográficos são uma forma de organizar os dados existentes em projetos a partir de elementos espaciais, isto é, a sua localização. Uma possibilidade de trabalho para bancos de dados geográficos são os bancos em WebGIS, isto é, sistemas de informação geográfica produzidos para acesso através da internet. Estes bancos são uma forma de aplicação do SIG na arqueologia que dialoga diretamente com noções de arqueologia pública, a extroversão do conhecimento científico e o livre acesso de dados, tendo em vista que estas ferramentas online permitem que os usuários possam visualizar, baixar e produzir seus próprios produtos cartográficos a partir de uma

base. Exemplos destas aplicações web para a arqueologia são: o MAPPA⁴, uma base de dados arqueológicos da cidade de Pisa na Itália, o GlobalXplorer⁵, uma ferramenta colaborativa que auxilia na identificação de sinais de destruição do patrimônio arqueológico em diferentes áreas do planeta, Chronocarto⁶, uma base de dados para sítios arqueológicos na França, o Floripa Arqueológica⁷ para os sítios arqueológicos de Florianópolis e também o Sistema Integrado de Conhecimento e Gestão - SICG⁸ do IPHAN, que conta com uma base de sítios arqueológicos de todo o Brasil.

A outra forma de aplicação do SIG na arqueologia, e provavelmente a forma mais recorrente, é a modelagem para análise espacial. Conforme discutimos anteriormente, os trabalhos de análise espacial em arqueologia que se valem do uso de estatísticas e modelagem matemática já são presentes na literatura pelo menos desde a década de 1970 (Plog & Hill 1971; Hodder & Orton 1976), antes mesmo do desenvolvimento de *softwares* de análise espacial. No entanto, a partir do crescimento e popularização dos computadores pessoais há uma intensificação no uso de *softwares* de geoprocessamento para produzir modelos, principalmente no que diz respeito a modelagem preditiva para localização de sítios arqueológicos⁹ (Judge & Sebastian 1988). De modo geral, uma definição bastante generalista de Wheatley e Gillings (2002: 14) diz que os modelos servem para representar e interpretar de maneira idealizada as relações entre os seres humanos e também com o meio. Sendo assim, existe um grande número de modelos que podem ser produzidos para exprimir estas relações. Podemos destacar alguns dos modelos mais recorrentes para a arqueologia: modelos preditivos de localização de sítios (Kipnis 1997; Thomaz 2002; Verhagen 2007; Fonseca Júnior 2013; Kozłowski 2018), modelos de evolução ambiental e a relação com ocupação humana (Wescott & Brandon 2000; Kneip 2004; Saldanha 2005; Kneip *et al.* 2018) e os modelos de visibilidade entre sítios e os modelos de rotas de trânsito entre sítios (Riris 2010; Llobera *et al.* 2011; D'Ávila 2017; Kozłowski & Corteletti 2019; Milheira *et al.* 2019; Merencio & DeBlasis 2021).

⁴ Disponível em: <http://www.mappaproject.org/?lang=en>

⁵ Disponível em: <https://www.globalxplorer.org/>

⁶ Disponível em: <http://www.chronocarto.eu/>

⁷ Disponível em: <https://floripaarqueologica.com.br/>

⁸ Disponível em: <https://sicg.iphan.gov.br>

⁹ Um dos trabalhos pioneiros na modelagem preditiva arqueológica está presente na obra de Judge e Sebastian (1988), uma coletânea de artigos que apresentam noções sobre técnicas de modelagem para identificação de sítios arqueológicos. Essa coletânea surge a partir dos trabalhos iniciados em 1983 no Colorado, focados no desenvolvimento de ferramentas para gerenciamento de sítios arqueológicos em áreas de preservação.

Estas técnicas de modelagem, assim como a maioria das técnicas quantitativas, apresentam restrições. As restrições da modelagem e dos sistemas de informação geográfica em geral se devem à dificuldade de espacializar e quantificar as especificidades das relações entre seres humanos e o meio ambiente em variáveis que possam ser inseridas na lógica matemática de um programa de computador. Esta restrição nos leva a entender que de fato os modelos são idealizações da realidade, o que, no entanto, não quer dizer que eles devem ser totalmente desconsiderados ou invalidados como forma de produção de interpretações arqueológicas, mas que seus resultados possuem limitações como qualquer outro método de pesquisa. No capítulo 6, retomamos a discussão sobre limitações e possibilidades das técnicas de modelagem na arqueologia.

Nesta pesquisa trabalhamos com duas abordagens de análise espacial através do uso de geotecnologias: a construção de banco de dados geográficos e a modelagem espacial. O nosso banco de dados foi construído de maneira convencional com o Excel, porém para disponibilizar os arquivos de maneira digital e interativa utilizamos o GitHub. O GitHub é uma ferramenta de controle de versão para códigos e arquivos, funcionando como um repositório de dados. Uma das funções da plataforma é a possibilidade da criação de sites para acesso aos arquivos. Usando uma integração entre GitHub e o R, produzimos um repositório digital de todos os bancos de dados presentes nesta tese, permitindo uma maior interação com os dados aqui apresentados, e que pode ser acessado neste endereço: <https://henrique-kozlowski.github.io/arqueologia/>. Essa ferramenta, mais difundida nos meios da programação, tem grande potencial para a pesquisa arqueológica. Em nosso repositório é possível clicar nos sítios arqueológicos no mapa para obter informações detalhadas sobre cada sítio, bem como filtrar e organizar tabelas para comparar dados. Todos estes dados podem ser baixados de maneira gratuita. A facilidade de acesso e a ampla divulgação dos dados se conecta diretamente com o aspecto discutido no início deste capítulo sobre a possibilidade que as ferramentas da arqueologia digital têm de ampliar as redes de pesquisa e de conectar pesquisadores, ou neste caso, autor e leitor, com a pesquisa arqueológica.

Com relação à modelagem espacial – o método principal de análise de cada um dos três eixos da narrativa sobre o território sambaquiano –, foram utilizadas duas abordagens: a análise de padrões espaciais utilizando métodos estatísticos de *clusterização* e *spatial point pattern analysis* e a simulação de comportamentos através das técnicas de modelagem baseada em agentes.

4. DESORDEM ORGANIZADA: ANÁLISE DE DISTRIBUIÇÃO DOS SÍTIOS

O mapa de distribuição de sítios é uma forma básica de análise espacial arqueológica, presente e recorrente na arqueologia desde o século XIX, conforme discutido no capítulo anterior. Isto posto, esta também é a primeira abordagem a ser feita quando há o objetivo de abordar o registro arqueológico em uma escala regional. Esses mapas são produzidos como uma forma de representar o registro arqueológico conhecido na área de pesquisa e também como uma forma de criar inferências a partir da simples observação da distribuição dos pontos. A representação gráfica da localização dos sítios arqueológicos permite que o pesquisador identifique objetos de análise e também pode facilitar a compreensão de ideias por parte do leitor. Contudo, a objetividade e facilidade de transmissão de ideias depende da quantidade de elementos presentes no mapa. As obras do geógrafo francês Jacques Bertin (1980) demonstram a importância de estruturar nossos mapas para garantir a maior eficácia do uso destas ferramentas.

Essa discussão sobre aspectos da cartografia temática está diretamente relacionada ao conteúdo deste capítulo e também com a análise espacial arqueológica como um todo. Ao observarmos o mapa de distribuição de sítios arqueológicos em nossa área de pesquisa (Figura 6), podemos destacar que o conjunto geral de sítios apresenta alguns comportamentos específicos: os sítios estão distribuídos na porção leste do mapa, seguindo uma orientação norte-sul, nota-se também uma concentração de sítios na porção central da área de pesquisa, na área correspondente ao norte da Lagoa Mirim. Porém quando tentamos observar padrões específicos para os diferentes tipos de sítio representados no mapa, ou seja, para os diferentes grupos humanos que ocuparam a região do litoral sul catarinense, não conseguimos identificar com facilidade estes possíveis padrões. Isso se deve ao comportamento do registro arqueológico que Binford (1981) chama de palimpsesto, ou seja, a profundidade temporal da ocupação humana na região cria uma imagem bastante complexa quando observamos a distribuição dos sítios. O que observamos no mapa é a distribuição dos sítios no presente, resultado da sobreposição de milênios de ocupação e transformação do espaço.

Levando em conta o palimpsesto do registro arqueológico em nossa área de pesquisa surge a pergunta: como podemos começar a compreender esta distribuição complexa, considerando que há uma ausência de dados cronológicos para a área de estudo? A nossa resposta está na aplicação de uma técnica bastante utilizada pela arqueologia: a produção de *clusters* através de polígonos de Thiessen-Voronoi (Voronoi

1908)¹⁰. Essa análise baseia-se em métodos geoestatísticos, representados graficamente através do geoprocessamento. Os polígonos de Thiessen-Voronoi são uma forma de repartir uma área em diferentes polígonos a partir de pontos. Os pontos utilizados para a criação desses polígonos são os centróides dos agrupamentos obtidos na análise de *clusters*, isto é, dos conjuntos de sítios. Esta divisão da área de estudo em porções menores de agrupamento não possuem o intuito de resolver um problema cronológico, mas sim um problema de localização espacial. O processamento estatístico dos dados foi realizado através do *software* RStudio, onde foram aplicados os pacotes *spatstat* (Baddeley *et al.* 2021), *maptools* (Bivand *et al.* 2021a), *rgdal* (Bivand *et al.* 2021b) e *factoextra* (Kassambara & Mundt 2020). O geoprocessamento se deu no ambiente do *software* ArcMap 10.5.

Esta análise exploratória de agrupamentos tem como base a proposta de Kneip *et al.* (2018) para a região da laguna de Santa Marta. Neste trabalho os autores puderam identificar diferentes agrupamentos para os sambaquis demonstrando uma estrutura de ocupação do espaço. No artigo de Kneip *et al.* (2018), além dessa proposta da estrutura de organização espacial das comunidade sambaquianas, apresenta-se também a evolução dos agrupamentos ao longo do tempo. Isso foi possível devido à um grande controle cronológico dos sítios arqueológicos na área de pesquisa, situação distinta da área que corresponde ao recorte espacial desta pesquisa. Reconhecemos que o nosso controle cronológico não permite identificar se os sítios que estão presentes em um *cluster* são de fato contemporâneos. Nossa abordagem trata do conjunto total de sítios presentes na área, dividindo-os em dois grupos: sambaquis e sítios Guarani. Em nossa análise, assim como no artigo de Kneip *et al.* (2018), não pretendemos identificar o território real das populações que produziram o registro arqueológico. Nosso intuito é de identificar padrões espaciais na distribuição dos sítios que possam nos informar aspectos da ocupação das populações humanas pretéritas em nossa área de estudo.

O primeiro momento desta análise espacial se resume na realização de uma etapa de verificação. Para avaliarmos se o padrão de distribuição dos sítios arqueológicos na área de estudo se comporta de maneira aglomerada ou aleatória, isto é, se a distribuição dos sítios arqueológicos da área de pesquisa respeita alguma regra de organização ou não. Essa avaliação utiliza inicialmente a função L (Besag 1977; Baddeley *et al.* 2015; Bevan 2020) para estabelecer uma análise de correlação de padrões de pontos. Nessa análise,

¹⁰ A aplicação do método de polígonos de Thiessen-Voronoi apresentada neste capítulo é discutida de maneira extensa em Kozłowski *et al.* (2022).

são realizadas simulações de Monte Carlo¹¹ para distribuições dos pontos, com 95% de confiança, dentro de um polígono que engloba todos os sítios. O resultado das distribuições das simulações aleatórias é então avaliado em conjunto com duas informações: um envelope de resultados obtidos através da simulação de Monte Carlo e uma linha de comportamento de uma distribuição completamente aleatória. No caso de o resultado empírico ficar dentro deste envelope, próximo à linha de tendência aleatória geral, podemos interpretar que os pontos analisados da situação empírica se comportam de maneira aleatória e, portanto, não podem ser estudados com análise de *cluster* tendo em vista que não há comportamento aglomerado.

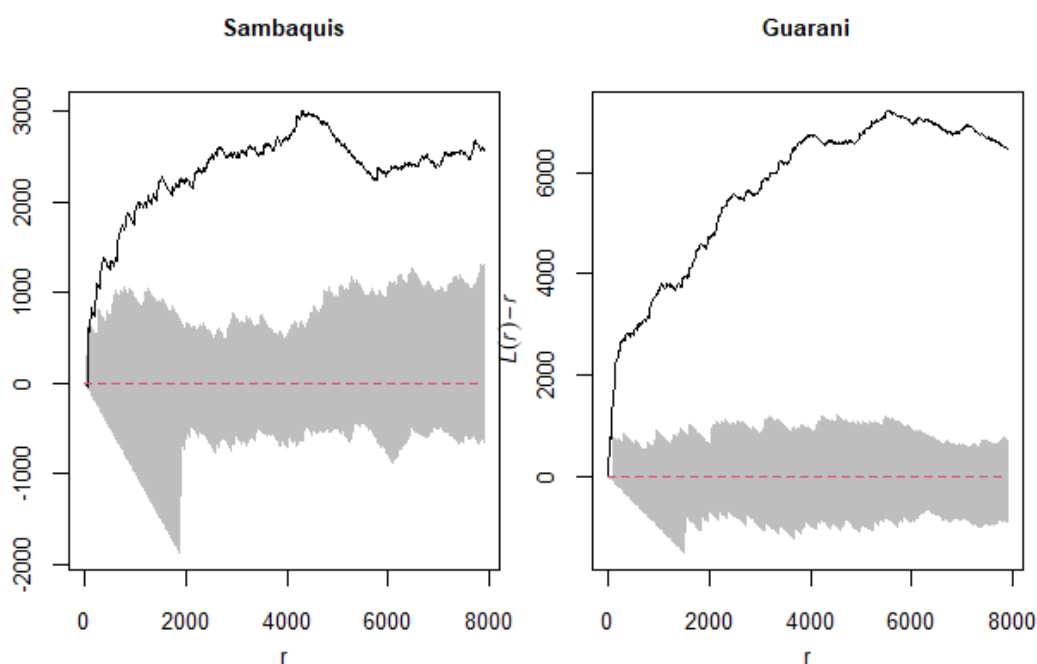


Figura 9 - Gráficos da função L para o comportamento da distribuição dos sítios na área de pesquisa.

A Figura 9, acima, apresenta o resultado individual para cada um dos grupos de sítios analisados. Observando o resultado, é possível então verificar que nos dois casos os sítios estão fora do envelope de aleatoriedade, e, portanto, apresentam um comportamento aglomerado. De modo geral, essa análise estatística da distribuição dos sítios arqueológicos na área de estudo revela que estes não foram construídos ao acaso, em qualquer lugar. A localização destes sítios respeita, portanto, características particulares aos grupos que os construíram. Com o resultado positivo para um comportamento aglomerado, foram realizadas as análises de *cluster* para cada um dos

¹¹ As simulações ou métodos de Monte Carlo correspondem à um conjunto de técnicas estatísticas baseadas na aleatoriedade. A partir da execução de vários testes aleatórios é possível estabelecer um comportamento aleatório “padrão” que pode ser comparado com o comportamento do fenômeno empírico.

conjuntos de sítios que possibilitam identificar algumas destas características de cada ocupação.

O conjunto de sambaquis, que inclui também os sítios denominados como “oficinas líticas”, é composto por 48 sítios. Por sua vez, o conjunto de sítios Guarani possui um total de 41 sítios. Os sítios que são classificados como “Sambaqui/Guarani”, isto é, sambaquis onde há presença de cultura material associada às populações Guarani, estão presentes nos dois conjuntos de análise. Seguindo o trabalho elaborado por Kneip *et al.* (2018) na área da Laguna de Santa Marta, a análise de *clusters* foi feita aplicando o método *k-means* (k-médias) em associação com o método de *silhouette* para definição do número de conjuntos (*clusters*).

Os resultados das análises produzidas no RStudio foram inseridos no banco de dados SIG dos sítios para a produção gráfica dos mapas no ArcMap 10.5, onde cada sítio recebeu a informação do conjunto ao qual pertence. Os centroides de cada *cluster* foram transformados em um arquivo vetorial, utilizado para a produção dos polígonos de Thiessen-Voronoi através das ferramentas de geoprocessamento do ArcMap 10.5. Estes polígonos permitem observar a estrutura espacial de aglomeração dos sítios. Reforçamos novamente o ponto de que em nenhum momento esses polígonos refletem os territórios exatos de domínio das comunidades analisadas, mas estimam a estrutura de divisão do espaço.

As análises do conjunto de sambaquis resultaram na definição de nove *clusters*, nomeados de acordo com as localidades em que se encontram. Esse resultado é apresentado na Figura 10. Os agrupamentos possuem diferentes tamanhos, sendo que os maiores são Itapirubá com dez sítios e Rio D’uma com oito sítios arqueológicos. O conjunto Ibiraquera é composto por sete sambaquis, os conjuntos Estreito e Imbituba são compostos por cinco sambaquis, o conjunto Ponta das Laranjeiras é composto por quatro sítios, e, por fim, os conjuntos Cabeçuda, Imaruí e Samambaia possuem três sítios cada. Apesar de não terem sido realizadas atividades de prospecção em campo para identificar novos sítios arqueológicos e também levando em conta possíveis vieses de amostragem, esta região é estudada já desde os anos 1960 e é possível que os maiores sambaquis, que seriam indicadores dos agrupamentos (DeBlasis *et al.* 2007), estão presentes nas análises. Sendo assim, a distribuição dos sítios representa bem a organização espacial da ocupação sambaquiana na área de estudo.

Ao observarmos a distribuição espacial dos *clusters* vemos que eles estão organizados na paisagem de maneira concentrada em diferentes pontos das lagoas. A

Lagoa de Imaruí é dividida em quatro principais grupos: ao sul temos dois conjuntos: o Cabeçuda e o Ponta das Laranjeiras, que se integram com os agrupamento apresentado no artigo de Kneip *et al.* (2018). Na porção central, está o grupo Imaruí, onde se encontram os sítios Caputera e Ponta do Perrixil. Na porção leste, entre as lagoas e o Oceano Atlântico, fica o conjunto Estreito, acompanhando a região das dunas. Na região oeste, na foz do rio Aratingaúba, encontra-se o grupo Samambaia, na área do sambaqui homônimo. Na área da Lagoa Mirim, temos dois conjuntos, dispostos ao longo da faixa de barreira entre o mar e a lagoa que abrangem as localidades de Imbituba e Itapirubá. Para além das lagoas, temos o conjunto de sítios Rio D'Una, abrangendo os sítios Balsinha I, II, IV e VII e Passagem do Rio d'Una I, II e III. Nesta área os sítios se encontram dispostos ao longo do curso do rio. O conjunto mais ao norte de nossa área de estudo engloba as lagoas de Ibiraquera e Garopaba, incorporando sambaquis e oficinas líticas.

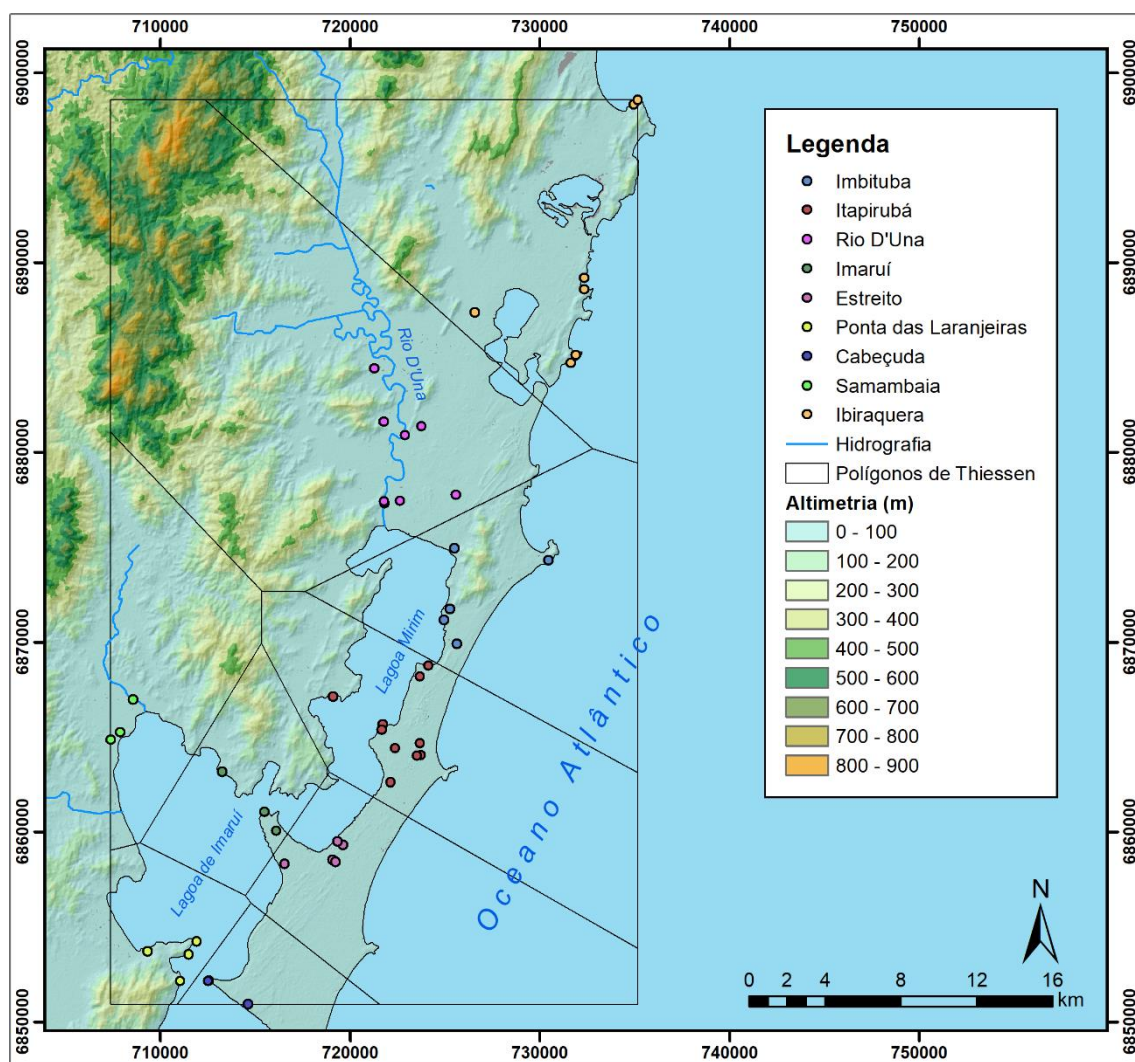


Figura 10 - Mapa de clusters e polígonos de Thiessen-Voronoi da ocupação sambaquiiana. Fonte: banco de dados SIG organizado pelo autor. Arquivos vetoriais e raster de elevação SRTM 30 da NASA.

A estrutura dos agrupamentos se assemelha muito àquela apresentada por Kneip *et al.* (2018) para a paleobaía de Santa Marta. Verifica-se que os sambaquis estão dispostos em uma organização circum-lagunar, ou seja, ao redor das lagoas e corpos d'água. Essa distribuição mais ou menos regular de repartição do espaço, dadas as semelhanças entre o tamanho de cada polígono, ajuda a reforçar a proposta de uma articulação e compartilhamento do espaço pelas populações sambaquianas. Para efeitos comparativos, realizamos análises no conjunto de dados dos sítios da área da paleobaía de Santa Marta reproduzindo o trabalho de Kneip *et al.* (2018). Na Figura 11 juntamos os dois modelos e podemos ver que há uma sobreposição dos *clusters* Ponta das Laranjeiras e Cabeçuda do nosso modelo com os *clusters* presentes no trabalho de Kneip *et al.* (2018). A sobreposição destes conjuntos sugere a integração, ambiental e sociocultural das paisagens e dos territórios do complexo lagunar.

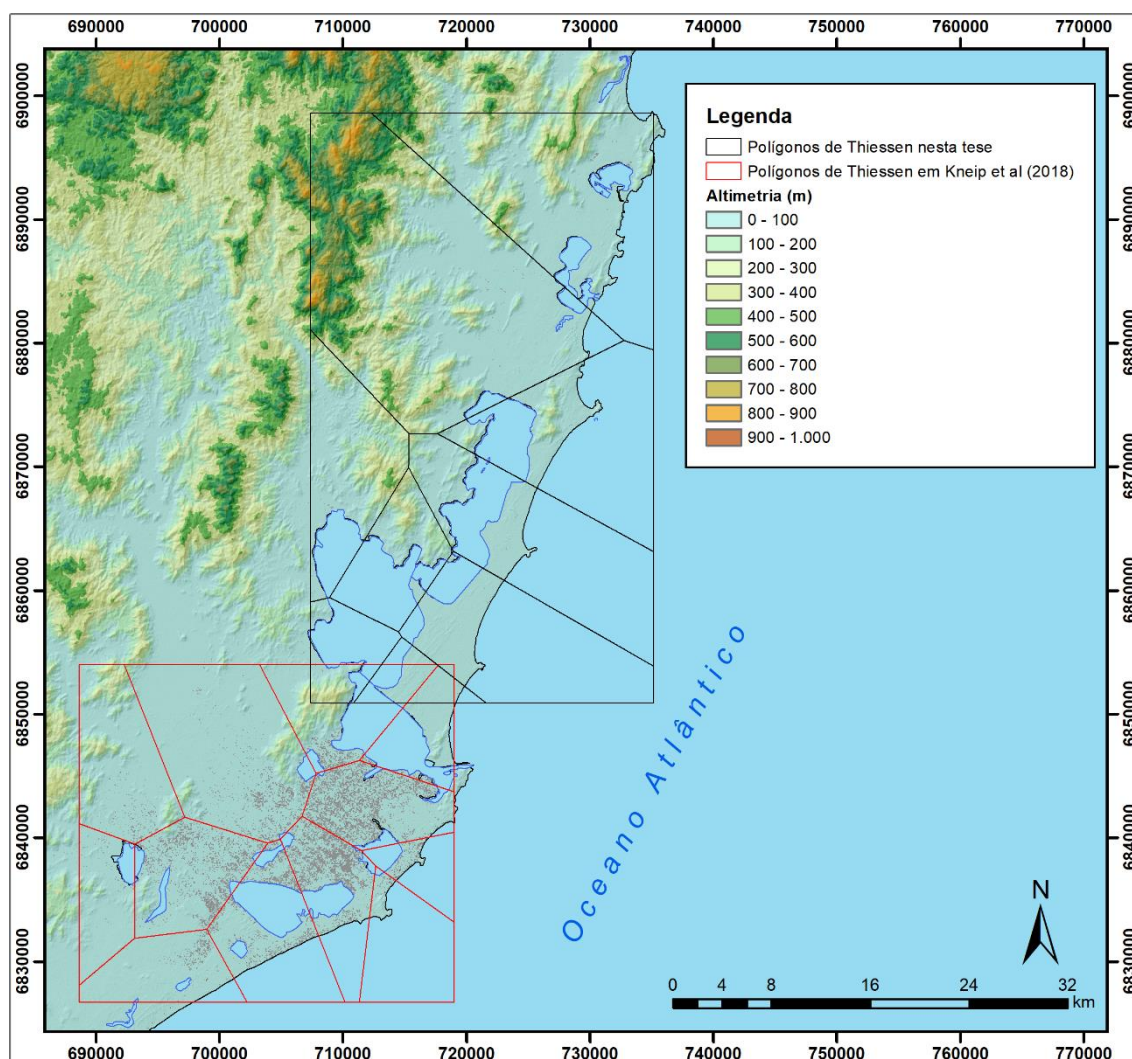


Figura 11 - Vista geral da paleobaía de Santa Marta e Imaruí com a distribuição dos polígonos de Thiessen gerados. Em vermelho, os polígonos de Thiessen produzidos por Kneip *et al.* (2018), em preto os polígonos de Thiessen resultantes desta pesquisa. Arquivos vetoriais e raster de elevação SRTM 30 da NASA.

Levando em consideração este resultado da comparação de análises da distribuição espacial dos sambaquis, com relação à estrutura da organização espacial destes sítios, é possível sugerir padrões de organização social e territorial análogos àqueles apresentados por DeBlasis *et al.* (2021). Os padrões evidenciados na paleobaía de Santa Marta, de partilha territorial e integração social, podem então se prolongar para a nossa área de pesquisa. Compreendendo a ocupação sambaquiana do litoral sul catarinense composta como uma rede ampla e heterárquica de comunidades interconectadas, reafirmamos as propostas de que a integração da sociedade sambaquiana se dá através de sua identidade cultural, ideológica e provavelmente linguística. Destacamos também que há uma compartimentalização da paisagem na ocupação destas populações. Há conjuntos de sítios nos contrafortes da Serra do Tabuleiro, nas planícies de dunas, nas margens das lagoas e também ao longo da foz do Rio d'Una. Essa compartimentação, que já havia sido observada na lagoa de Santa Marta, demonstra a possibilidade de uma gestão compartilhada de território, concentrada na exploração intensa de recursos lacustres e marinhos (Toso *et al.* 2021). Sendo um elemento comum a todos esses compartimentos da paisagem e estruturas de conjuntos de sítios, a presença de grandes corpos d'água.

Quando direcionamos nossas análises ao conjunto de sítios dos grupos Guarani, vemos que há uma diferença enorme na distribuição espacial e organização destes sítios. Na Figura 12 vemos o resultado da análise, na qual o método de *silhouette* definiu um recorte de apenas dois *clusters* para todos os 41 sítios. Da mesma maneira que na análise feita para os sambaquis, os grupos de sítios Guarani foram nomeados de acordo com a localidade em que se encontram. Ao sul, temos o agrupamento Imaruí que conta com um total de 10 sítios arqueológicos. Ao norte, temos o agrupamento Rio d'Una, bem mais expressivo com 31 sítios arqueológicos.

Antes de avaliar o resultado das análises da distribuição dos sítios Guarani é importante ressaltar dois aspectos. O primeiro é o viés amostral presente em nosso conjunto de dados, já que é possível que existam muitos outros sítios Guarani que foram destruídos por atividades antrópicas, ou que tenham sido recobertos pelas dunas em movimento ou que até mesmo ainda não sejam conhecidos. O segundo aspecto é a ausência de um controle cronológico preciso. Há uma pequena quantidade de datas disponíveis para os sítios Guarani na região, o que nos alerta para o fato de que, apesar dos sítios serem relativamente contemporâneos, eles podem não ser concomitantes.

O conjunto ao norte, distribuído ao longo do Rio d'Una, é o de maior densidade. Essa é a região com as áreas mais favoráveis para atividades agrícolas, fundamentais ao modo de vida Guarani. Na região sul, aonde estão presentes a maior quantidade de campos de dunas, os sítios arqueológicos Guarani encontram-se em áreas mais próximas às lagoas. O conjunto de sítios da porção sul contém todos os sítios “Sambaqui/Guarani”, isto é, os sambaquis onde há a presença de cultura material Guarani nas camadas superiores do sítio.

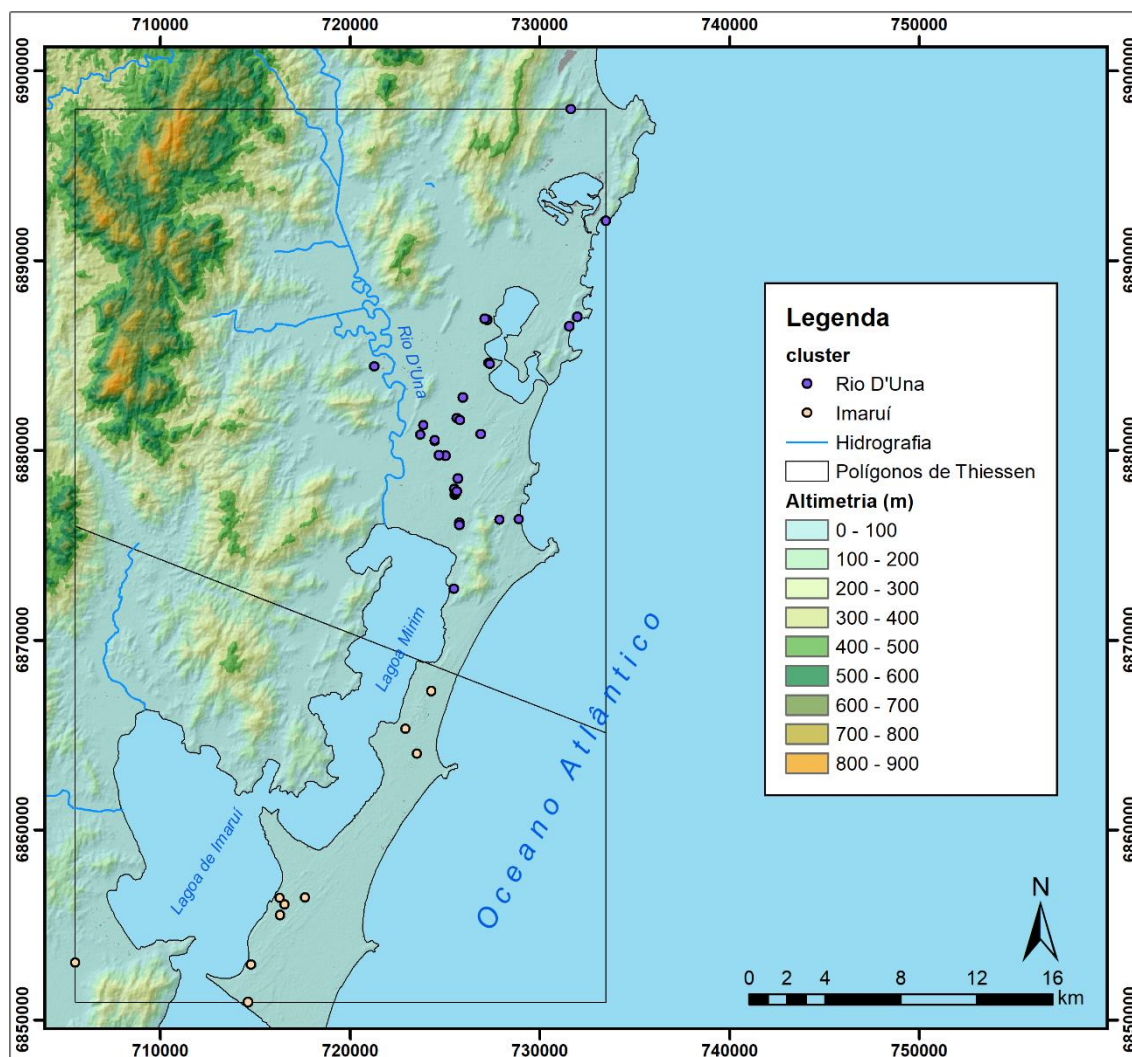


Figura 12 - Mapa de clusters e polígonos de Thiessen-Voronoi da ocupação Guarani. Fonte: banco de dados SIG organizado pelo autor. Arquivos vetoriais e raster de elevação SRTM 30 da NASA.

Uma hipótese para se pensar na organização espacial dos sítios Guarani em nossa área de pesquisa é a partir do conceito de *teko'a* (Noelli 1993). Essa unidade espacial sociopolítica corresponde ao território aonde as práticas do modo de vida Guarani se desenvolvem. Os dois *clusters* podem ser pensados a partir deste conceito, sinalizando então a presença de duas dessas unidades, situadas nas extremidades das lagoas maiores

e alongadas no eixo norte-sul. Essas unidades apresentam um certo distanciamento e podem se relacionar também com outras comunidades Guarani ao norte e sul do litoral catarinense, articulando a região lagunar com outras áreas na costa.

No entanto, é necessário ressaltar que há uma enorme variabilidade de tamanho e funcionalidade nos assentamentos Guarani (Milheira & DeBlasis 2011; Milheira *et al.* 2013). É bastante difícil compreender a territorialidade Guarani em nossa área de estudo devido à ausência de informações sobre a funcionalidade dos sítios envolvidos. Apesar da existência de alguns sítios que configuram aldeias, como é o caso dos sítios Awyra e Aldeia da ZPE, muitos outros sítios ainda não puderam ser devidamente caracterizados. Portanto, para ir além desta análise de distribuição espacial e de fato caracterizar a ocupação Guarani na região seria necessária uma dedicação exclusiva a estes aspectos que fogem do escopo desta tese.

Este exemplo de aplicação de análise espacial demonstra que a partir de dados secundários, obtidos através da compilação de informações presentes em diferentes bibliografias, podemos criar interpretações embasadas sobre o registro arqueológico. A análise de *cluster* possibilitou organizar o palimpsesto de sítios arqueológicos na área de pesquisa, facilitando a compreensão do comportamento da distribuição espacial dos sítios. Esta primeira abordagem resultou na identificação das diferenças na ocupação, e, por consequência, na construção do espaço pelos diferentes grupos humanos presentes em nossa área de estudo. A população sambaquiana apresenta uma distribuição articulada ao redor dos corpos d'água, organizada em nove grupos compostos por uma média de aproximadamente cinco sambaquis. Esses conjuntos de sítios ocupam uma diversidade de ambientes, o que pode demonstrar o acesso e/ou uso de diferentes fontes de recursos. Ao observarmos os resultados das populações Guarani temos uma distribuição espacial bastante distinta, composta por territórios de grandes áreas, adensado em locais que favorecem as práticas agrícolas.

Com base nestes resultados da distribuição espacial dos sítios, pudemos comprovar a continuidade das formas de ocupação do espaço pelas populações sambaquianas ao longo do complexo lagunar. Ao compararmos nossos resultados com os resultados de Kneip *et al.* (2018), vemos que há uma integração entre as áreas. Apesar de diferenças nos processos de formação do ambiente lagunar em nossa área de pesquisa com relação à área da paleobaía de Santa Marta, como já discutido anteriormente, os padrões de ocupação exibem uma contiguidade. Assim sendo, podemos considerar que os modelos de ocupação produzidos para estas áreas ao sul também sejam válidos para o

nosso recorte e informações de lá possam servir como *proxies* para elaboração de modelos na porção norte do complexo lagunar, tema que será discutido nos próximos capítulos.

5. (RE)CRIANDO O REGISTRO ARQUEOLÓGICO: MODELAGEM BASEADA EM AGENTES

Os modelos são representações da realidade, servindo como ferramentas científicas que nos auxiliam a resolver problemas ou responder perguntas sobre sistemas reais (Railsback & Grimm 2019: 4). Contudo, a realidade é demasiadamente complexa, e que requer, portanto, que uma série de abstrações sejam feitas para elaborar um modelo de qualquer sistema ou fenômeno. O registro arqueológico é um objeto de estudo em que há enorme quantidade de aspectos que o influenciam. Muitos desses aspectos são inacessíveis para os arqueólogos. Porém, isso não impede a produção de modelos explicativos na arqueologia. A partir das décadas de 1960 e 70, sob uma perspectiva quantitativa (Watson 2008; Trigger 2011) e com a influência da teoria geral de sistemas (Bertalanffy 1968), a arqueologia busca criar modelos para compreender o registro arqueológico. Esses modelos, assim como qualquer outro, possuem limitações e exigem abstrações. Idealmente um modelo deve tentar representar o fenômeno estudado da melhor maneira possível, porém deve ser compreensível. É necessário então que exista um balanço entre a o excesso de detalhamento e a facilidade de entendimento. Não é possível e também não é interessante incluir tudo em um modelo, pois além de existirem limitações teóricas e práticas na modelagem, um modelo idêntico à realidade nos deixaria no mesmo lugar em que partimos para tentar compreender um fenômeno. Esse cálculo é um dos elementos mais importantes na construção de qualquer modelo.

Conforme discutido na introdução desta tese, os modelos são – por excelência – ferramentas de exploração criativa de questões e problemas de pesquisa. A modelagem nos permite explorar diferentes caminhos e alternativas para pensar as questões de interesse, ou seja, é uma ferramenta heurística. Há dois pontos importantes a se discutir sobre a modelagem como heurística. O primeiro deles está relacionado ao fato de que os modelos não existem dentro de um vácuo teórico, ou seja, não são ferramentas herméticas, livres de qualquer bagagem teórica. Conforme discutem O’Sullivan e Hakley (2000) os modelos são carregados de concepções e teorias subjacentes, que influenciam a forma de interpretação. O segundo ponto é o fato de que os modelos são uma forma de descrição do mundo real e não o mundo real em si. Conforme discute McGlade (2005), o modelo reflete a visão de mundo do pesquisador, as concepções teóricas subjacentes ao método escolhido e, principalmente, a qualidade dos dados utilizados.

Dentro do universo de modelos, existe um tipo específico denominada simulação. As simulações são uma forma específica de modelagem que, de acordo com Romanowska *et al.* (2021: 33), são capazes de incorporar uma dimensão temporal na modelagem. Sendo assim, uma simulação permite observar dinâmicas que influenciam o comportamento de um modelo ao longo do tempo. Essa capacidade dinâmica das simulações possibilita investigar hipóteses, estabelecer predições, construir cenários e explorar dados de maneira ampla. Essa ferramenta possibilita criar modelos para fenômenos e sistemas bastante complexos que envolvem a passagem do tempo, dentre eles, o registro arqueológico.

Há inúmeras formas de se construir simulações. Com o avanço das tecnologias da informação temos uma crescente produção de ferramentas de construção de simulações. No entanto, nesta pesquisa nós focamos em um conjunto específico de métodos para analisar o registro arqueológico. Esse método é a modelagem baseada em agentes (*agent-based modelling*). Nascido a partir de um arcabouço de estudo de sistemas complexos e da ciência da complexidade, o método da modelagem baseada em agentes parte do pressuposto de que um fenômeno “é maior do que a soma de suas partes individuais” (Romanowska *et al.* 2021: 5). Um sistema complexo é um produto coletivo das interações dos indivíduos envolvidos nesse sistema, porém a análise dos indivíduos isolados não permite compreender o sistema como um todo. Cada indivíduo opera a partir de um conjunto de ações, regras e objetivos próprios que ao interagirem uns com os outros geram um resultado específico que não seria possível sozinho. O principal exemplo utilizado na bibliografia de estudos de complexidade é caso dos movimentos agregados de pássaros, rebanhos e cardumes, que pode ser compreendido através do modelo produzido por Reynolds (1987). Neste exemplo o movimento coordenado dos pássaros pode ser explicado através de regras simples presentes em cada ave: uma percepção dinâmica do ambiente ao seu redor, as leis da física e um comportamento de direção de voo. Esse modelo permite observar como um comportamento de voo em formação das aves surge a partir de um agregado de comportamentos individuais de cada ave.

Os modelos baseados em agentes buscam incorporar esse aspecto do indivíduo no modelo. Em sua origem, na Ecologia com os modelos de autômatos celulares (*cellular automata*) (Railsback & Grimm 2019), os modelos baseados em agentes são conhecidos também como modelos baseados em indivíduos (*individual-based modelling*). Epstein e Axtell (1996) discutem que os modelos baseados em agentes são construídos de baixo para cima, pois é a partir da modelagem de ações e comportamentos individuais que se

obtem o resultado maior do sistema ou fenômeno analisado. O agente ou indivíduo ao qual o método se refere pode assumir diferentes papéis: um pássaro (Reynolds 1987), casas em um bairro (Schelling 1969), nômades (Clark & Crabtree 2015) ou até mesmo diferentes sociedades (Griffin & Stanish 2007). Os modelos baseados em agentes são, portanto, muito versáteis, pois permitem trabalhar em diferentes escalas, investigando diferentes fenômenos e sistemas.

De acordo com Romanowska *et al.* (2021: 8) um modelo baseado em agentes pode ser aplicado em sistemas que apresentam algumas das seguintes características: as ações realizadas no nível individual geram padrões emergentes inesperados no nível populacional; os indivíduos do sistema são heterogêneos; as dinâmicas das interações individuais se desenvolvem ao longo do tempo; as dinâmicas possuem variabilidade espacial; os indivíduos do sistema aprendem e se adaptam ao longo do tempo. Observando essas características vemos as inúmeras possibilidades de aplicação na pesquisa arqueológica, já que nosso objeto de pesquisa se enquadra em todas elas.

O grande potencial desse tipo de modelagem não passou despercebido pela arqueologia, desde o início dos anos 2000 há uma grande quantidade de trabalhos que vem sendo produzidos nessa temática (Cegielski & Rogers 2016). Contudo, podemos citar o principal exemplo de trabalho arqueológico realizado com a modelagem baseada em agentes como sendo o modelo para o colapso das populações Anasazi no sudoeste americano (Axtell *et al.* 2002; Janssen 2009). Neste trabalho os autores simulam a região de Long House Valley ao longo de centenas de anos utilizando dados climáticos históricos para avaliar a produção de alimentos. Os agentes são grupos familiares Anasazi que ao longo da simulação tomam decisões sobre a sua reprodução, movimentação e áreas de cultivo. Ao final do ciclo de simulação, há uma reprodução da situação observada empiricamente sobre o registro arqueológico local.

Gould (1990) ao analisar o registro paleontológico do Folhelho de Burgess no Canadá afirma que se voltássemos a fita da vida aos princípios e deixássemos tocar tudo de novo desde o início, dificilmente veríamos uma repetição da evolução assim como ela se deu. Ao criarmos uma sociedade *in silico*, ou seja, digital (Romanowska *et al.* 2021), podemos explorar diferentes possibilidades que não ocorreram já que a modelagem baseada em agentes nos permite acessar um vasto campo de experimentações, expandindo as nossas formas de se interpretar o registro arqueológico. Esse é um dos grandes potenciais das simulações baseadas em agentes para a arqueologia, a realização de experimentos em diferentes cenários. Com a alteração de alguns valores criamos

situações diferentes que nos ajudam a ver novos comportamentos emergentes, novas formas de adaptação e solução e também novas maneiras de interação entre indivíduos.

Os modelos baseados em agentes podem ser desenvolvidos em diferentes linguagens e ambientes. Lake (2020: 257) apresenta possibilidades de desenvolvimento em linguagens gerais de programação como por exemplo C++, Java e Python; linguagens estatísticas como o R; *softwares* próprios para simulação como o Repast Symphony e ambientes integrados de modelagem como o NetLogo. Toda modelagem baseada em agentes requer conhecimentos de programação, em maior ou menor nível, e também demanda computadores com razoável capacidade de processamento. De todas as plataformas possíveis para a modelagem baseada em agentes, a mais recorrente é o NetLogo (Wilensky 1999). Essa plataforma é baseada na linguagem de programação Logo e é distribuída de forma gratuita¹² pela Northwestern University. A versatilidade e simplicidade de sua estrutura possibilita um rápido aprendizado com potencial para o desenvolvimento de aplicações. Os modelos desenvolvidos nesta pesquisa foram inteiramente construídos no *software* NetLogo 6.2. Os arquivos para rodar as simulações e a documentação do código estão todos disponibilizados nos anexos desta tese e também na plataforma online que acompanha o trabalho¹³.

Há, na bibliografia de modelagem, dois aspectos importantes sobre a construção de modelos: a heurística (Starfield *et al.* 1990) e o ciclo da modelagem (Grimm & Railsback 2005). A heurística pode ser entendida como um processo mental composto por pequenas regras que podem nos ajudar a resolver problemas. Starfield *et al.* (1990) frisam o termo “podem”, pois nem sempre essas regras garantem a resolução do problema ou então são adequadas em algumas condições onde possam existir outros fatores restringindo a solução do problema. Há uma diversidade de formas de pensar a heurística, pois ela é profundamente relacionada com a experiência pessoal e forma de pensar do autor do modelo. Starfield *et al.* (1990) apresentam sua heurística através de perguntas, estimulando o pensamento e a reflexão sobre cada etapa. Grimm e Railsback (2005), por sua vez, apresentam sua heurística na forma de frases imperativas, pensando a partir de uma lógica de checklist para as etapas do processo de modelagem. Alguns dos exemplos de heurística são: reformular o problema a ser resolvido, criar diagramas do sistema, se imaginar dentro do sistema, identificar variáveis essenciais, simplificar o sistema e dividir o sistema em etapas menores. O ciclo de modelagem apresentado por Grimm e Railsback

¹² Disponível em <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

¹³ Disponível em <https://henrique-kozlowski.github.io/arqueologia/>

(2005) opera como um guia de fato para a construção de um modelo. O ciclo de modelagem é composto por seis etapas:

- Formulação da questão, onde decidimos o que será representado
- Elaboração de hipóteses iniciais sobre os elementos do sistema a ser estudado
- Escolha das escalas, variáveis, processos e parâmetros adequados para a representação do sistema
- Implementação do modelo
- Análise, teste e revisão do modelo e de seus resultados
- Divulgação do modelo e dos seus resultados

A ideia de ciclo tem como base o fato de que há uma constante retroalimentação quando se pensa em modelagem. Há uma noção dialética de aprimoramento inerente na construção de modelos. Seguindo estas etapas na forma de um ciclo contínuo é possível elaborar modelos com uma crescente complexidade, resolvendo novas questões e testando novas hipóteses.

Nesta pesquisa, ao abordarmos a ocupação do litoral sul catarinense pelas populações sambaquianas, levantamos uma questão: como se davam as dinâmicas de ocupação do território e interação entre os grupos sambaquianos? Para entender essa questão através da modelagem baseada em agentes podemos pensar em duas abordagens em escalas distintas: na escala das comunidades e na escala dos indivíduos. O trabalho nessas duas escalas possuem heurística e processos distintos, pois possuem demandas distintas. Nos próximos tópicos iremos apresentar o processo de construção de modelos baseados em agentes para cada uma destas escalas, exemplificando, a heurística e etapas dos modelos. A discussão sobre os resultados específicos de cada um dos estudos de caso será feita em um capítulo mais adiante.

5.1. MODELAGEM BASEADA EM AGENTES NA ESCALA DO INDIVÍDUO

Seguindo o ciclo da modelagem nosso primeiro objetivo deve ser a formulação da questão. Essa etapa de formulação é essencial para encaminhar todas as próximas etapas seguintes na construção do modelo. É necessário estabelecer uma questão que oriente o objetivo do modelo para definir quais são os elementos essenciais da realidade a serem incluídos e qual a escala de abordagem. Quando se trabalha com modelagem baseada em agentes devemos ter em mente sempre a noção de se partir do simples para

atingir o complexo, ou seja, os primeiros elementos a serem modelados devem ser os aspectos mais básicos e simples possíveis do sistema, adicionando novos e mais complexos elementos paulatinamente. A modelagem baseada em agentes é construída a partir de observação, retroalimentação e experimentação. Não é produtivo iniciar o processo de modelagem tentando incorporar todos os elementos possíveis da realidade.

Neste primeiro modelo pensamos em uma questão simples: como era a mobilidade dos povos sambaquianos? Os estudos de mobilidade já são bastante estabelecidos na arqueologia, pois eles são capazes de nos informar sobre uma enorme quantidade de aspectos da vida de populações pretéritas (Leary 2014a). Em nossa área de estudo, inclusive, há estudos sobre a mobilidade das populações sambaquianas tardias (Merencio 2021; Merencio & DeBlasis 2021).

Seguindo o ciclo da modelagem de Grimm e Railsback (2005), o segundo passo é a elaboração de hipóteses sobre os elementos do sistema. A nossa hipótese para o deslocamento destas populações está baseada na ideia de que a movimentação pela paisagem depende de obstáculos específicos existentes na topografia local, destinos e objetivos de deslocamento. O deslocamento através desses obstáculos também está relacionado à algumas características particulares de cada população. As populações sambaquianas além do deslocamento pedestre por terra, elas possivelmente utilizavam canoas para se locomover (DeBlasis *et al.* 2007), portanto, devemos levar em conta o papel que os corpos d'água tinham no deslocamento destes indivíduos como vetores ou facilitadores do transporte.

De acordo com Llobera *et al.* (2011: 843) a movimentação na paisagem ocorre de acordo com a disponibilidade de movimento dada a partir do custo energético de deslocamento em relação ao relevo. Esse custo energético de deslocamento pode ser obtido em ambientes SIG através da atribuição de custos de deslocamento para diferentes planos de informação e operações de álgebra de mapas. Esse resultado final compõe o que é chamado por mapa de superfície de custo energético acumulado (Kozłowski & Corteletti 2019; Merencio & DeBlasis 2021). A futura implementação do modelo depende, portanto, da criação de um mapa com a superfície de custo acumulado. Há, na literatura arqueológica, inúmeros algoritmos de cálculo de superfície de custo para avaliar a mobilidade humana (Herzog 2020), no geral estes cálculos dependem de informações básicas como: elevação (em metros), declividade, medida em graus (°) e hidrografia.

O método de classificação de custo seguiu os mesmos parâmetros apresentados em Kozłowski e Corteletti (2019) e Merencio e DeBlasis (2021), isto é, utilizamos a

fórmula de Bell e Lock (2000) para custo de deslocamento em que o maior custo corresponde às áreas de maior declividade. A opção por este algoritmo como base está relacionado no fato de que é um dos algoritmos mais simples disponíveis, facilitando a implementação no modelo. No entanto, optamos por inverter os custos de deslocamento quando avaliamos a ordem de Strahler (Strahler 1957) dos cursos d'água. No trabalho de Kozłowski e Corteletti (2019) os cursos d'água apresentam custos altos pois na região acabam sendo obstáculos no deslocamento, e quanto maior o grau destes cursos d'água, maior a dificuldade. Entretanto, para populações canoeiras podemos pensar uma lógica invertida. O uso dos rios e lagoas seria ideal para o deslocamento destas populações, porém nos menores cursos d'água o deslocamento seria mais difícil. Para as lagoas, o mar e os rios de 4ª ordem temos os menores custos, assim como nas áreas de menor declividade. Os rios de 1ª ordem e as áreas de maior inclinação são as de maior custo. A Tabela 1 demonstra a classificação de custo de deslocamento de acordo com cada plano de informação. Após a produção de cada um destes planos de informação, com a classificação de custos segundo a Tabela 1, utilizamos a ferramenta *Raster Calculator* no ArcMap 10.5 para obtenção de um produto final.

Tabela 1 - Valores de custo de superfície de deslocamento					
Declividade		Hidrografia		Oceano	Lagoas
<i>Inclinação (°)</i>	<i>Custo</i>	<i>Ordem</i>	<i>Custo</i>	<i>Custo</i>	<i>Custo</i>
0 – 5	1	2ª	10	1	1
5 – 10	3	3ª	2		
10 – 15	10	4ª	1		
15 – 20	20				
20 – 25	30				
25 – 55	50				

Com a superfície de custo pronta, iniciamos a terceira etapa do ciclo de modelagem que inclui a decisão sobre as escalas, as variáveis, processos e parâmetros adequados para representar o sistema. Para modelar a mobilidade dos povos sambaquianos a escala de abordagem se dá no nível do indivíduo, ou seja, os agentes do modelo são representações de pessoas. Há dois tipos de agentes em nosso modelo, chamados de *breeds*: indivíduos (*hikers*) e objetivos (*targets*). As variáveis no NetLogo se dividem em: variáveis globais, as variáveis das células (*patches*) que compõem o ambiente simulado e as variáveis dos agentes, em nosso caso, há variáveis de agentes

específicas para cada *breed* de agente. Nesta etapa, os processos são definidos e descritos de forma simples, o que auxilia posteriormente na implementação do modelo. Para o modelo de mobilidade uma descrição simples dos processos é a seguinte: “um indivíduo com um objetivo observa o território diretamente em seu campo de visão e escolhe uma das células para se mover, de acordo com o custo de deslocamento até a célula. Essa operação se repete até o indivíduo atingir o seu destino final de viagem.” Com base nesta descrição, podemos pensar não apenas nos procedimentos, mas também na ordem em que eles devem acontecer, facilitando a implementação do modelo.

O primeiro passo na implementação¹⁴ de qualquer modelo no *software* NetLogo, é a criação de dois processos: `setup` e `go`. Esses processos são criados como botões na tela de interface, identificando o comando a ser executado. No caso do processo `go`, selecionamos a opção de execução “para sempre”. O procedimento de `setup`, se refere à inicialização do modelo, ou seja, nele inserimos todos os procedimentos ou etapas de execução necessária antes de iniciar a simulação. Todo procedimento deve ser escrito na tela de código seguindo o padrão:

Como o nosso modelo é baseado em uma área real, inserimos na primeira linha de código a seguinte informação `extensions [gis]` que serve para inicializar o uso da extensão SIG para o NetLogo que permite o uso de mapas em formato matricial ou vetorial. Em seguida devemos definir as variáveis e os tipos de agentes presentes no modelo. As primeiras são as variáveis globais, necessárias para a importação dos dados matriciais (*costmap*). Em seguida a variável exclusiva dos *patches*, o custo de deslocamento (*travel-cost*). Definimos nossos tipos de agentes (*breeds*) e as variáveis exclusivas deles: o objetivo (*goal*), a distância até o objetivo (*goal-distance*), uma lista das células que representam o caminho percorrido (*path*) e uma variável booleana, isto é, uma variável que pode ser verdadeira ou falsa, para indicar o fim da viagem (*done?*) (Bloco de Código 2).

```
to <nome do procedimento>
end
```

Bloco de Código 1 - Formatação de procedimento

¹⁴ O código completo do modelo de mobilidade, e os arquivos para execução do modelo encontram-se disponíveis no repositório digital desta tese.

```

extensions [gis]

globals
[
  costmap
]

patches-own
[
  travel-cost
]

breed [hikers hiker]
breed [targets target]

hikers-own
[
  goal
  goal-distance
  path
  done?
]

```

Bloco de Código 2 - Variáveis e extensões

Com isso podemos escrever os procedimentos de inicialização do mundo da simulação e do modelo em si. O mundo utilizado pelo modelo é obtido através do mapa de superfície de custo energético acumulado. Clicando com o botão direito do mouse na interface do mundo, definimos as dimensões dessa tela (248x329 células) e desmarcamos a opção “mundo sem limites na vertical e horizontal”. As dimensões são baseadas nas dimensões originais do arquivo matricial de superfície de custo. Pensando em dar autonomia para os usuários do modelo, adotamos uma estratégia presente no modelo de mobilidade de Gravel-Miguel e Wren (2018) em que o usuário pode clicar na tela e definir a posição inicial dos agentes e dos objetivos. Isso é criado através de um botão chamado “Place agents” que se refere ao procedimento `setup-travel`. Esse procedimento utiliza comandos de leitura da posição do mouse no mapa para chamar os procedimentos de criação dos diferentes tipos de agentes: indivíduos (`setup-hiker`) e objetivos (`setup-target`). Em nosso modelo, apenas um agente de cada tipo é criado por vez, para eliminar problemas de cálculos com múltiplos destinos. O código de execução destes procedimentos está apresentado no Bloco de Código 3.


```

to setup-travel
  if mouse-inside? [
    ask patch mouse-xcor mouse-ycor [
      sprout 1 [
        set shape "square"
        die
      ]
    ]
  ]

  ifelse agent-type = "hiker" [
    if mouse-down? [
      ask patch mouse-xcor mouse-ycor [
        ask hikers [die]
        setup-hiker
      ]
    ]
  ]
  [
    if mouse-down? [
      ask patch mouse-xcor mouse-ycor [
        ask targets [die]
        setup-target
      ]
    ]
  ]
]

end

```

Bloco de Código 3 - Inicialização dos agentes

Os procedimentos de criação de agentes são bastante simples (Bloco de Código 4). Primeiramente devemos criar os objetivos, isso ocorre devido à ordem de execução dos procedimentos dos indivíduos, evitando uma lista vazia de objetivos a serem selecionados. O procedimento `setup-target` pede a definição de quantos objetivos serão criados, a cor, o tamanho e a forma de exibição. No caso dos indivíduos primeiramente devemos definir quantos serão criados, a cor, tamanho e forma de exibição do agente, e então definir os valores de variáveis próprias. A primeira a ser definida é a variável *path*, uma lista de células, marcando a primeira célula da lista como a célula inicial. A segunda variável é a variável booleana *done?* definida como falsa, pois a viagem ainda não terminou. Pedimos então para que o agente marque o caminho percorrido no mundo com a caneta e definimos que o destino (*goal*) seja um dos objetivos. Definimos que a variável da distância do destino (*goal-distance*) seja calculada com o operador *distance* até a localização do objetivo. Por fim, o agente se posiciona em direção ao objetivo.

```

to setup-target
  sprout-targets 1 [
    set color white
    set size 6
    set shape "triangle"
  ]
end

to setup-hiker
  sprout-hikers 1 [
    set color pink
    set size 6
    set shape "person"
    set path (list patch-here)
    set done? false
    pen-down
    set goal one-of targets
    set goal-distance distance goal
    face goal
  ]
end

```

Bloco de Código 4 – Inicialização das variáveis dos indivíduos

Com esses aspectos prontos, podemos partir para o procedimento de inicialização do mundo (`load-gis`), carregando os arquivos matriciais através da extensão SIG. Carregamos o sistema de coordenadas a partir de um arquivo .prj produzido no SIG junto com a imagem, e definimos o arquivo .asc que representa a variável global *costmap*. Aplicamos o raster como valor da variável de custo de deslocamento e por fim¹⁵, pintamos o mapa com as cores do raster. O resultado está no Bloco de Código 5.

```

to load-gis ;;
  gis:load-coordinate-system "../data/elevation.prj"
  set costmap gis:load-dataset "../data/costsurface.asc"
  gis:apply-raster costmap travel-cost
  gis:paint costmap 0
end

```

Bloco de Código 5 - Carregamento de informações espaciais.

A partir destes procedimentos, criamos então o último procedimento de inicialização: o `setup`, acionado pelo botão na tela de interface do usuário. Esse

¹⁵ No modelo final, optamos por exibir no mundo apenas o arquivo de elevação com um degradê de cores, em conjunto com a hidrografia, facilitando a visualização das informações. O carregamento dessas informações é realizado dentro deste procedimento, atentando sempre para a necessidade de definir as variáveis globais necessárias anteriormente.

procedimento é bastante simplificado, pois a maioria das ações que ele chama foram subdividas nestes últimos procedimentos apresentados. O princípio por trás destas subdivisões é o de tentar manter a simplicidade do código e dos procedimentos, facilitando a leitura por terceiros e a eventual correção de problemas de sintaxe. No procedimento `setup` primeiramente pedimos para limpar todas as informações de simulações anteriores, resetamos a contagem de *ticks* e executamos o procedimento `load-gis` (Bloco de Código 6).

```
to setup
  clear-all
  reset-ticks
  load-gis
end
```

Bloco de Código 6 - Procedimento setup

Agora que todos os procedimentos para inicializar o modelo estão prontos, podemos retomar a frase inicial que orientou o desenho do modelo: “um indivíduo com um objetivo observa o território diretamente em seu campo de visão e escolhe uma das células para se mover, de acordo com o custo de deslocamento. Essa operação se repete até o indivíduo atingir o seu destino final de viagem.” Com isso, precisamos criar um procedimento de movimentação para os indivíduos. Esse procedimento precisa incluir o campo de visão dos indivíduos e a capacidade de escolha de células para se deslocar. A célula para qual o indivíduo irá se deslocar deverá ser aquela de menor custo, ação que se repetirá até o fim da viagem. Porém, quando incluímos um campo de visão, devemos nos alertar para o fato de que dentro deste campo de visão, há uma série de células que possuem custo energético igual. Como então podemos fazer com que ele escolha apenas uma destas células? A resposta é a criação de um novo tipo de procedimento (Bloco de Código 7), chamado de *reporter*. Este procedimento, baseia-se no modelo de deslocamento produzido por Grider e Wilensky (2015). Primeiramente definimos uma variável temporária com o comando `let` chamada de *current-cost*, que equivale ao custo do *patch* em que o indivíduo atualmente se encontra. As células dentro do campo de visão do indivíduo são todas células potenciais. Esse campo de visão é definido a partir de um *slider* na tela de interface com valores de 0° a 360° e de uma distância máxima contada em unidades de células. A célula escolhida é aquela que, dentre as células potenciais, possui a menor distância até o objetivo. Caso existam células com o mesmo valor, ele escolherá aleatoriamente uma delas.

```

to-report best-way-to [destination]
  let current-cost [travel-cost] of patch-here
  let potential-patches patches in-cone view-distance viewshed
  let best-patch potential-patches with [
    distance destination < [ distance destination - 1] of myself and
    travel-cost <= current-cost
  ]
  ifelse any? best-patch [
    report min-one-of best-patch [distance self]
  ] [
    report destination
  ]
end

```

Bloco de Código 7 - Procedimento reporter para identificar a melhor célula de deslocamento.

```

to move
  ask hikers [
    face best-way-to goal
    fd 1
    set goal-distance distance goal
    if goal-distance <= 1 [set done? true]
  ]
end

to go
  ask hikers with [not done?] [move update-path]
  if not any? hikers with [not done?] [stop]
  tick
end

to update-path
  set path lput patch-here path
end

```

Bloco de Código 8 - Procedimentos go, move e update-path

Com esse valor, podemos retornar para nosso código de movimentação. Nele pedimos primeiramente para que o agente vire em direção à célula de melhor custo, obtida a partir do procedimento discutido anteriormente, e caminhe uma unidade do mapa. Agora que a distância original é menor, devemos pedir que ele atualize a distância até o objetivo. Quando a distância for menor ou igual a 1, o indivíduo então altera sua variável booleana *done?* para verdadeiro. Por fim, retornamos ao nosso procedimento go, onde estruturamos todas estas outras etapas. Durante um ciclo de simulação pedimos que os agentes que ainda não completaram a viagem executem o procedimento de movimentação e atualizem a lista do caminho que tomaram. Um ciclo da simulação é contabilizado ao final e quando o indivíduo termina a sua viagem, a simulação termina. No Bloco de Código 8 apresentamos todos os procedimentos descritos.

Com todas estas etapas prontas temos a primeira versão de um modelo de mobilidade para indivíduos em um terreno real. Seguindo o ciclo da modelagem, devemos testar os parâmetros e variáveis e analisar o comportamento do modelo. O que temos de resultado, no entanto, é um modelo bastante simples em que os agentes sempre optam pelo melhor caminho. A única variabilidade de resultados ocorre quando alteramos valores das variáveis do campo de visão dos indivíduos. Caso o nosso escopo seja reduzido, ou então tenhamos atingido resultados aceitáveis para o fenômeno a ser estudado, o ciclo da modelagem pode parar por aqui. Porém, é possível ampliar as possibilidades deste modelo, reiniciando então o ciclo de modelagem.

A expansão deste modelo se inicia a partir de uma nova questão: como representar uma movimentação não-ideal, isto é, que não segue apenas a rota de maior eficiência energética? Para implementar esta possibilidade que simule comportamentos mais naturais na movimentação dos indivíduos, iremos fazer uma alteração no procedimento de movimentação. Observando o procedimento de movimentação vemos que os agentes irão sempre escolher uma das melhores células no seu campo de visão para se direcionar. Podemos então criar um novo procedimento *reporter* para que o agente seja capaz de escolher qualquer uma das células no seu campo de visão. Usando como base o procedimento `best-way-to [destination]`, criamos o procedimento `random-way-to [destination]`. Neste código a lista de células potenciais se mantém, pois elas continuam sendo todas aquelas presentes no campo de visão do indivíduo. No entanto, ao invés do agente selecionar uma célula mais próxima do objetivo, ele realiza uma seleção aleatória dentro deste conjunto de células potenciais. No Bloco de Código 9 abaixo apresentamos como ficou o procedimento `random-way-to [destination]`.

```
to-report random-way-to [destination]
  let potential-patches patches in-cone view-distance viewshed
  let random-patch one-of potential-patches
  report random-patch
end
```

Bloco de Código 9 - Procedimento random-way-to [destination]

Agora devemos incluir uma forma de que o agente, durante a execução do procedimento de movimentação, seja capaz de escolher entre o “melhor caminho” ou um “caminho aleatório”, que corresponde à uma escolha energeticamente menos eficiente. Isso é possível através do uso do operador condicional *ifelse*, em que um dos comandos será selecionado a partir de um resultado booleano. O operador desse resultado é a função

*random-float*¹⁶, que seleciona um número decimal entre 0 e 1. Esse valor obtido pela função *random-float* é confrontado com o valor de uma nova variável global que deve ser criada através de um deslizador na tela da interface de usuário chamada de *movement-randomness*. Essa variável global aceita valores de 0 a 1, e quanto maior o valor de aleatoriedade de movimento, mais estocástico é o comportamento dos agentes na simulação. Incorporando estes elementos temos então um novo procedimento de movimentação (Bloco de Código 10).

```
to move
  ask hikers [
    ifelse random-float 1 > movement-randomness [
      face best-way-to goal
      fd 1
      update-goal-distance
      if goal-distance <= 1 [set done? true]
    ] [
      face random-way-to goal
      fd 1
      update-goal-distance
      if goal-distance <= 1 [set done? true]
    ]
  ]
]
```

Bloco de Código 10 - Procedimento de movimentação alterado.

Quando lidamos com a aleatoriedade podemos observar diferentes comportamentos nos modelos baseados em agentes, que é um dos seus pontos mais fortes como ferramenta de pesquisa quando comparado com outras técnicas de modelagem. Porém, toda vez que uma simulação é rodada os números aleatórios mudam. Isso acaba atrapalhando em certa maneira quando tentamos comparar várias rodadas de simulação em testes de variações de parâmetros. Contudo, há uma maneira de fixar esses números aleatórios programada dentro do NetLogo. A aleatoriedade no programa é controlada a partir de um valor *seed*, semente, esse valor de *seed* pode ser fixado através de pequenas alterações no código utilizando o operador booleano *new-seed* e uma variável global chamada *current-seed*. O operador booleano é apresentado na interface de usuário na forma de um interruptor e a variável global é apresentada como uma entrada. A partir desses elementos criamos também um procedimento (Bloco de Código 11) de geração aleatória de pontos de partida e de destino para os agentes. Possibilitando assim que o

¹⁶ Há diversas maneiras de se implementar aleatoriedade em um modelo baseado em agentes no NetLogo, Para uma discussão sobre os diferentes mecanismos de aleatoriedade disponíveis no NetLogo, ver Railsback e Grimm (2019). Para uma apresentação completa sobre os operadores e funções do NetLogo, ver o Dicionário NetLogo (em inglês) disponível em: <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/dictionary.html>

usuário defina o valor de *seed* de maneira estática ou dinâmica e também possa comparar variações dos parâmetros em diferentes rodadas de simulação. Esse procedimento verifica se há uma *seed* dinâmica ou não e escolhe um local no mapa para definir o objetivo e um ponto para definir o ponto de partida.

```
to random-setup
  clear-turtles
  if new-seed? [set current-seed new-seed]
  random-seed current-seed
  let land-patches patches with [travel-cost >= 1]
  ask one-of land-patches [
    setup-target
    ask one-of other land-patches [
      setup-hiker
    ]
  ]
]
```

Bloco de Código 11 - Procedimento de inicialização aleatória.

O código apresentado acima demonstra a construção de um modelo baseado na importação de uma superfície de custo baseada no algoritmo de Bell e Lock (2000). Porém conforme discutimos anteriormente, há diferentes algoritmos de cálculo de custo presentes na literatura arqueológica. Com objetivo de realizar comparações sobre os diferentes algoritmos, incluímos na versão final do modelo um selecionador de diferentes superfícies de custo, além do padrão Bell e Lock (2000), também incluímos os algoritmos de Tobler (1993), Márquez-Pérez *et al.* (2017) e Garmy *et al.* (2005). Estes algoritmos também utilizam a declividade, porém trabalham com aspectos mais complexos da velocidade e relação à direção de deslocamento no espaço. As superfícies de custo produzidas têm um ponto de partida pré-definido: o Sambaqui Cabeçada, no sul de nossa área de pesquisa. Para calcular estas superfícies de custo utilizamos o QGIS 3.2 em conjunto com o R aplicando as funções do complemento *movecost* (Alberti 2019).

Com isso podemos considerar o modelo de mobilidade concluído. Nota-se que ele é consideravelmente mais complexo do que quando foi inicialmente produzido. Esperamos ter demonstrado que seguindo o ciclo da modelagem, de constante retroalimentação e reflexão sobre o fenômeno a ser estudado, podemos construir modelos complexos a partir de poucas linhas de código. O código final do modelo aqui apresentado possui algumas diferenças, principalmente com relação à exibição na tela de interface e com algumas ferramentas para exportar resultados. Entretanto, essas alterações não interferem na reprodução do código descrito neste tópico.

5.2. MODELAGEM BASEADA EM AGENTES NA ESCALA DA COMUNIDADE

A modelagem baseada em agentes é capaz de representar fenômenos nas mais diferentes escalas e com diferentes formas de interação. No modelo discutido anteriormente abordamos uma escala individual, com os agentes interagindo apenas com o mundo ao seu redor. Neste tópico iremos direcionar nossa questão para uma escala mais ampla, em que os agentes, aqui representando comunidades inteiras, sejam capazes de interagir uns com os outros.

Acompanhando a literatura sobre modelagem baseada em agentes vemos que é muito comum aplicar, readequar e transformar códigos de outros modelos para resolver questões e interesses próprios. No modelo anterior adaptamos códigos e lógicas de outros modelos para criar alguns procedimentos e funções, devemos nos atentar apenas para as licenças de uso e citação dos códigos originais. Quando vemos a literatura arqueológica sobre modelagem baseada em agentes um dos principais exemplos é o modelo Artificial Anasazi (Dean *et al.* 2000; Axtell *et al.* 2002; Janssen 2009). Esse modelo lida com dinâmicas comunitárias das populações Anasazi no sudoeste americano. Ao longo da simulação os agentes, que representam núcleos familiares, interagem entre si e com um mundo em constante transformação. Esse modelo, extremamente complexo, foi construído a partir de um grande banco de dados de informações arqueológicas, climáticas e cronológicas. Contudo, um grau de resolução de informações deste nível não está disponível para todas áreas de pesquisa, mas isso não impede a aplicação de técnicas de modelagem baseada em agentes. Assim como em qualquer modelo alguns elementos da realidade devem ser abstraídos ou suplantados por *proxies* para garantir a sua exequibilidade.

Os modelos baseados em agentes que buscam replicar os comportamentos empíricos, como o modelo Artificial Anasazi, são chamados por Railsback e Grimm (2019) de modelos orientados por padrões. Guardadas as devidas proporções, temos como argumento central para o modelo apresentado aqui neste tópico a produção de uma simulação capaz de reproduzir padrões de distribuição observados empiricamente para as populações sambaquianas. Esse padrão ao qual nos referimos é a subdivisão da paisagem lagunar em comunidades e agrupamentos circum-lagunares, em uma estrutura espacial heterárquica, observado tanto para a região da Lagoa de Santa Marta (DeBlasis *et al.* 2007, 2021; Kneip *et al.* 2018) como também para a nossa área de pesquisa, verificado a

partir de nossas análises de *cluster* apresentadas em capítulos anteriores e em Kozłowski *et al.* (2022).

A construção deste modelo, à mesma maneira que o modelo de mobilidade, tem o ciclo da modelagem como fio condutor. O fenômeno a ser representado, a primeira etapa do ciclo da modelagem, já está definido: a estrutura espacial heterárquica do território sambaquiano, sugerida por DeBlasis *et al.* (2021). Nessa proposta há uma forte ideia de distribuição e compartilhamento de recursos do ambiente. A partir disso, seguindo para a segunda etapa do ciclo da modelagem, temos a necessidade de incorporar dinâmicas de trocas e interação em nossas hipóteses. Com base em Sahlins e Graeber (2017), podemos destacar duas dinâmicas de trocas que eventualmente possam ter transcorrido na sociedade sambaquiana: a dinâmica de reciprocidade generalizada e a dinâmica de reciprocidade balanceada. A reciprocidade generalizada é descrita pelos autores como uma dinâmica altruísta, em que não há uma expectativa de retorno. A reciprocidade balanceada é a forma de troca direta de soma zero em que há uma expectativa de retorno.

Com base em todos esses interesses e hipóteses, partimos para o terceiro momento do ciclo de modelagem em que devemos escolher nossas escalas, variáveis e parâmetros. A escala de abordagem é bastante lógica: devemos trabalhar no nível das comunidades. Utilizando uma heurística de simplificação dos modelos, vemos que não há necessidade de incorporar decisões individuais das pessoas que formam uma comunidade. Para representar as dinâmicas de interação e ocupação do território, precisamos abordar um longo período de tempo, entretanto, há limitações na capacidade de processamento dos computadores. Portanto, a nossa escala temporal é definida arbitrariamente pensando em uma heurística de equilíbrio entre capacidade de computação e detalhamento na simulação. Estabelecemos assim que um ciclo completo de simulação representa acontecimentos de um ano inteiro e a simulação roda por um total de 1000 ciclos. O mundo da simulação é baseado no mundo real, em nossa área de pesquisa no litoral sul de Santa Catarina. Novamente, pensando em equilibrar a capacidade de computação com o detalhamento do modelo, cada célula representa um quadrado de 300 x 300 m de comprimento.

No âmbito das variáveis precisamos definir pontos centrais para o modelo, apresentadas aqui na forma das perguntas: quantas comunidades devem estar presentes no início da simulação? Há uma área mínima de ocupação? Há recursos disponíveis na paisagem? Quantos recursos uma comunidade necessita? O que é trocado entre as

comunidades? Qual a porcentagem de crescimento vegetativo destas comunidades? As trocas sempre irão ocorrer? Nesta etapa de modelagem devemos elencar o máximo possível de questões, pois elas que nos ajudam a implementar o modelo. Modelos que simulam consumo de recursos são bastante recorrentes na literatura dos modelos baseados em agentes, Railsback e Grimm (2019) apresentam diversos exemplos de modelos em que recursos são utilizados pelos agentes. No modelo Artificial Anasazi (Dean *et al.* 2000; Axtell *et al.* 2002; Janssen 2009), os recursos consumidos são água e milho. Os parâmetros utilizados são baseados em um grande conjunto de dados. Para o nosso modelo sambaquiano, utilizaremos alguns *proxies*. O primeiro deles se refere justamente aos recursos. Não temos acesso à totalidade dos recursos utilizados pelos sambaquianos para a manutenção do seu modo de vida. Apesar de que há trabalhos importantes sobre os volumes de pesca destas populações (Colonese *et al.* 2014; Fossile *et al.* 2019; Toso *et al.* 2021), não temos dados suficientes ainda para criar parâmetros bem definidos em nossa área. Além disso, retomando uma heurística de simplicidade, ou do princípio da navalha de Occam, o detalhamento dos tipos e quantidades de recursos não teria impacto profundo no fenômeno que realmente desejamos modelar. Com isso, tratamos aqui com uma variável chamada de apenas “recursos”. Essa variável engloba todos os elementos necessários para a reprodução do modo de vida dos sambaquianos, isto é, água potável, peixes, conchas, animais de caça, plantas, materiais construtivos, etc.

Podemos afirmar que os recursos estão distribuídos de diferentes maneiras, quantidades e qualidades ao longo da paisagem. A paisagem no mundo simulado deve então representar essa distribuição desigual no espaço. Entretanto, sem os dados que permitam o detalhamento temos que recorrer a alternativas. Optamos aqui neste modelo em utilizar uma técnica de modelagem preditiva. A modelagem preditiva na arqueologia é amplamente utilizada para identificar possíveis áreas de localização de sítios arqueológicos, com uma grande diversidade de métodos de abordagem (Judge & Sebastian 1988; Verhagen 2007). O modelo preditivo identifica áreas de maior probabilidade de ocorrência de sambaquis. Entendemos que as áreas de maior probabilidade de ocorrência de sítios são também aquelas que possuem as melhores características para a ocupação, a disponibilidade de recursos pode ser uma destas características. A modelagem preditiva é uma alternativa para diferenciar áreas da paisagem e proporcionar a distribuição desigual de recursos para o modelo baseado em agentes.

Em nosso caso, utilizamos a técnica de modelagem preditiva indutiva com aplicação de regressão logística (Verhagen 2007; Kozłowski 2018; Kozłowski & DeBlasis 2019). Essa técnica de modelagem compara um banco de dados empírico da localização de sítios com um banco de dados de pontos aleatórios na paisagem estudada e resulta em um mapa de probabilidade de ocorrência de sítios, identificando áreas com maior e menor probabilidade de ocorrência (Verhagen 2007).

Esse modelo levou em consideração aspectos de declividade, tipo de solo, geomorfologia, litologia e altimetria, foram analisados no *software* Statgraphics até se obter duas variáveis (altimetria e litologia) explicativas, isto é, que o valor-p é menor que 0,05 para a localização dos sítios arqueológicos em questão. Os resultados dos testes de regressão logística, apresentados nas tabelas abaixo, demonstram a ordem de remoção das variáveis e a obtenção dos valores finais para o modelo. Os valores-p em destaque são aqueles removidos do teste na etapa seguinte.

Tabela 2 - Primeiro teste estatístico de Regressão Logística.

Variável	Qui-quadrado	GL	Valor-P
Declividade	2,48055	1	0,1153
Solo	1,03946	1	0,3079
Geomorfologia	4,27307	1	0,0387
Litologia	8,73657	1	0,0031
Altimetria	25,8053	1	0,0000

Tabela 3 - Segundo teste estatístico de Regressão Logística.

Variável	Qui-quadrado	GL	Valor-P
Declividade	1,72797	1	0,1887
Geomorfologia	3,94985	1	0,0469
Litologia	9,16549	1	0,0025
Altimetria	24,8845	1	0,0000

Tabela 4 - Terceiro teste estatístico de Regressão Logística.

Variável	Qui-quadrado	GL	Valor-P
Geomorfologia	3,38585	1	0,0658
Litologia	8,38542	1	0,0038
Altimetria	43,3306	1	0,0000

Tabela 5 - Quarto teste estatístico de Regressão Logística.

Variável	Qui-quadrado	GL	Valor-P
Litologia	6,10579	1	0,0135
Altimetria	42,4802	1	0,0000

Tabela 6 – Coeficientes no intervalo de 95% de confiança.

Parâmetro	Estimado	Erro	Limite Inferior	Limite Superior
Constante	3,2039	0,977002	1,2538	5,15401
Litologia	-0,0255493	0,0107845	-0,0470752	-0,00402342
Altimetria	-0,111408	0,0505432	-0,212293	-0,0105228

A partir destas duas variáveis, foram obtidos os coeficientes para os intervalos de 95% de confiança (Tabela 6). Estes valores são aplicados na equação de regressão logística, apresentada aqui de acordo com Wheatley e Gillings (2002: 155):

$$p = \frac{e^{3,2039 - 0,0255493 * \text{Litologia} - 0,111408 * \text{Altimetria}}}{1 + e^{3,2039 - 0,0255493 * \text{Litologia} - 0,111408 * \text{Altimetria}}}$$

A equação resultante da análise de regressão logística foi aplicada em um cálculo de álgebra de mapas no ArcGIS 10.5, gerando um modelo de probabilidade de localização de sítios. Esse modelo foi então exportado em formato matricial .ASC, com uma reclassificação de valores em cinco classes com valores de 0 a 4, para ser incorporado à nossa simulação. O produto final, produzido a partir de arquivos SRTM de 30 m de resolução, possui dimensões de 1237x1645 células.

Os agentes em nosso modelo não representam sambaquis, mas sim comunidades. Possivelmente estas comunidades estão associadas à um ou mais sambaquis, mas não parecem morar diretamente sobre estas estruturas. Em nossa escala onde cada célula ocupa uma área de 90.000 m², não nos preocupamos em representar áreas específicas destas comunidades. Porém é possível imaginar que a área de atuação destas comunidades seja maior do que 90.000 m². Para estimar esta área, calculamos a distância média entre os sítios em nossa área de estudo (1078 m). Em nosso modelo, portanto, utilizamos como parâmetro uma distância mínima de 3 células (900 metros) entre cada comunidade.

Com base nestes elementos iniciais, podemos seguir para a etapa de implementação do modelo. Questões como o crescimento vegetativo e a necessidade de recursos não terão parâmetros estabelecidos previamente, deixando estes números em aberto para futuros experimentos com o modelo.

Iniciamos a implementação de nosso modelo de maneira muito semelhante ao modelo de mobilidade. Na interface gráfica, primeiramente definimos os parâmetros do mundo: com limites na horizontal e na vertical e com dimensões máximas de 124x166, essa redução em 10x no tamanho original da imagem ajuda no processamento do modelo pelo computador. Em seguida criamos os botões `setup` e `go`, cujo código será escrito na sequência. Como iremos trabalhar com dinâmicas de redes e com dados baseados no mundo real, as nossas primeiras linhas de código correspondem às extensões do NetLogo para redes (`nw`) e sistemas de informação geográfica (`gis`). As próximas linhas de código (Bloco de Código 12) correspondem às variáveis globais, as variáveis dos *patches* e as variáveis dos agentes. Também incluímos uma linha de código específica para a extensão de redes, em que nomeamos as conexões não direcionadas entre agentes. Observando o bloco de código abaixo, introduzimos um aspecto essencial de qualquer forma de programação: a necessidade de incluir comentários no código. Estes comentários são fundamentais para que o código possa ser compreendido posteriormente pelo autor e por terceiros.

```

extensions
[
  nw ;; Network Extension
  gis ;; GIS Extension
]

globals
[
  land-patches ;; Patches available to sites
  elevation ;; Height of patches to display in the world view
  suitability-raster ;; Original raster with the suitabilities
  hidro ;; Vector layer for the rivers
]

patches-own
[
  suitability ;; Based on the likelihood of site location
  patch-elevation ;; Height map
]

turtles-own
[
  resources
  trade-probability
]

undirected-link-breed [edges edge]

```

Bloco de Código 12 - Extensões e variáveis do modelo de comunidades sambaquianas.

Nas variáveis globais definimos àquelas necessárias para o funcionamento da extensão `gis`. Isto porque neste modelo iremos exibir no mundo para visualização a altimetria da região, com os rios e corpos d'água em destaque, no entanto, os cálculos serão todos feitos a partir da imagem produzida anteriormente no modelo preditivo indutivo. A primeira variável global corresponde à uma lista de *patches* disponíveis para a localização dos sítios (*land-patches*), seguida de uma variável para aplicarmos os valores de altimetria da região (*elevation*), uma variável que corresponde aos cálculos do modelo preditivo (*suitability-raster*) e por fim uma variável que corresponde à camada vetorial da hidrografia (*hidro*).

Nas variáveis próprias aos *patches*, temos apenas duas: a *suitability*, que será utilizada como *proxy* para calcular os recursos disponíveis em cada célula e a variável *patch-elevation*, utilizada para colorir o mundo de acordo com a altimetria. Nas variáveis próprias aos agentes precisamos definir um valor para os recursos (*resources*) e outra variável para a probabilidade de realização de trocas (*trade-probability*). Essa variável de realização de trocas precisa também ser criada como um deslizador na interface do usuário. Em nosso caso chamamos ela de *coop-probability*, com valores de 0 a 1, em incrementos de 0,05.

```
to setup
  clear-all
  if new-seed? [set current-seed new-seed]
  random-seed current-seed
  setup-landscape
  setup-shellmounds-general
  setup-links-general
  nw:set-context turtles links
  reset-ticks
end
```

Bloco de Código 13 - Procedimento de Inicialização do modelo de comunidades sambaquianas.

A próxima etapa na implementação do modelo é o código de inicialização. Iremos aproveitar da ideia do modelo anterior de usar a ferramenta de *seeds*, para que futuramente possamos realizar testes na simulação com valores fixos de aleatoriedade. Devemos então inserir na interface de usuário o botão de *new-seed?* e o campo de entrada para o valor da *seed*. Nas primeiras linhas do procedimento `setup` (Bloco de Código 13) inserimos a função *clear-all* e o condicional *if* para ativar ou não o uso de *seeds* novos. Para simplificar o procedimento de inicialização, criaremos três procedimentos de inicialização distintos: um para a criação da paisagem, outro para a criação das comunidades e um outro para a criação das conexões entre comunidades. Por fim,

incluimos uma linha para funcionamento da extensão `gis` e finalizamos com a função `reset-ticks`.

```

to setup-landscape
  load-gis
  gis:apply-raster suitability-raster suitability
  set land-patches patches with [suitability > 0]
  display-elevation
end

to load-gis
  gis:load-coordinate-system "../data/elevation.prj"
  set elevation gis:load-dataset "../data/elevation.asc"
  set suitability-raster gis:load-dataset "../data/suitability.asc"
  set hidro gis:load-dataset "../data/hidro.shp"
  gis:set-world-envelope gis:envelope-of elevation
  gis:set-drawing-color blue
  gis:draw hidro 1
end

to display-elevation
  let mx gis:maximum-of elevation
  ask patches [
    set patch-elevation (gis:raster-sample elevation self)
    ifelse patch-elevation > 0 [
      set pcolor scale-color green patch-elevation 0 mx
    ]
    [
      set pcolor blue
    ]
  ]
end

```

Bloco de Código 14 - Procedimentos para inicializar o mundo no modelo de comunidades sambaquiãs.

Esse primeiro procedimento de inicialização da paisagem (`setup-landscape`) é composto por mais dois outros procedimentos (Bloco de Código 14). A subdivisão destes processos nos auxilia a visualizar de forma mais clara o que ocorre em cada um deles. No procedimento `load-gis` executamos todas as operações necessárias para importar os dados matriciais e vetoriais para dentro do NetLogo. A formatação deste procedimento é idêntica ao do modelo anterior, pois devemos sempre associar um arquivo à uma variável e pedir para exibir na interface. Após carregarmos os dados aplicamos a cobertura de *suitability*, que será essencial para os recursos, e em seguida definimos os valores para a variável *land-patches*. O procedimento final é a exibição da altimetria da área de estudo, que não é essencial para o funcionamento do modelo, mas ajuda na visualização das informações. Neste procedimento (`display-elevation`), pedimos que o NetLogo calcule uma escala de tons de verde a partir dos valores máximos de

altimetria até 0. Para os valores abaixo de zero, o *software* deve aplicar a cor azul, identificando a água.

```

to setup-shellmounds-general
  create-turtles n-initial-sites
  [
    set shape "triangle"
    set size 3
    set color pink
    set trade-probability coop-probability
    move-to max-one-of land-patches with [not any? turtles-here]
[suitability]
  ]
end

to setup-links-general
  let totalLinks count turtles
  repeat (target-density * totalLinks / 2) [
    ask one-of turtles with [count edge-neighbors < count turtles] [
      create-edge-with one-of other turtles ]
  ]
end

```

Bloco de Código 15 - Procedimentos para inicialização dos agentes e conexões do modelo de comunidades sambaquiianas.

Em seguida, partimos para a criação de procedimentos de inicialização dos agentes e das conexões (Bloco de Código 15). O procedimento `setup-shellmounds-general` estabelece a forma, cor e tamanho dos agentes. Neste código os agentes também recebem um valor para a probabilidade de troca de acordo com o valor do deslizador na interface do usuário. Os agentes são posicionados em uma das células que possuem o maior valor de aptidão e que ainda não estão ocupadas por outros agentes. Para o procedimento de estabelecimento de conexões na rede de comunidades (`setup-links-general`), adaptamos o código apresentado por Clark e Crabtree (2015) e Romanowska *et al.* (2021) para a criação de modelos com dinâmicas de redes. Neste código precisamos inicialmente definir uma variável de densidade (*target-density*) como um deslizador na interface do usuário que vai de 0 a 1. Essa variável indica quão densa é a rede de conexões entre as comunidades. Essas conexões representam, para um modelo de dinâmica de reciprocidade generalizada, possíveis laços e relações familiares entre comunidades (Romanowska *et al.* 2021). A partir da variável de densidade, contabilizamos o número de agentes e criamos as conexões entre eles.


```

to go

  if ticks = 1000 [stop]
  if not any? turtles [stop]

  produce-resources
  grn-trade
  consume
  growth
  death

  tick
end

```

Bloco de Código 16 - Procedimento go do modelo de comunidades sambaquianas.

Com toda a etapa de inicialização do modelo concluída, podemos elaborar o procedimento `go`, e, a partir dele, iremos construir a simulação como um todo. Tendo como base a noção de que cada ciclo representa os eventos que ocorrem ao longo de um ano, podemos elencar uma ordem de ações que devem ser representadas. Primeiramente, precisamos que os agentes gerem um número de recursos que serão consumidos no futuro. Caso os agentes não possuam recursos necessários, eles irão fazer trocas. Após as trocas os agentes consomem os recursos. Caso existam recursos suficientes, os agentes tem a possibilidade de criar novos agentes, isto é, se dividir em novas comunidades. Por fim, os agentes que não tiverem recursos suficientes para a sua sobrevivência serão removidos da simulação. Cada uma dessas ações foi transformada em código, traduzindo para o modelo as nossas intenções (Bloco de Código 16).

A produção de recursos (`produce-resources`) opera a partir de uma avaliação da área de ocupação de cada agente. Em cada ciclo de simulação um agente calcula a aptidão (*suitability*) média de todas as células dentro de sua área de ocupação, que não contenham nenhum outro agente. O número de recursos é um valor aleatório entre 0 e essa média. Por exemplo, em uma área de ocupação com 3 células de raio, há 29 células. Se o valor médio de aptidão dessas células for equivalente a 4, o número de recursos criados poderá ser qualquer valor inteiro entre 0 e 4. Desta forma, utilizando a aleatoriedade, podemos representar a possibilidade de anos bons e ruins na produção de recursos. O Bloco de Código 17 apresenta a estrutura final deste procedimento.

```

to produce-resources
  ask turtles
  [
    let average-production mean [suitability] of patches with [not
any? turtles-here] in-radius occupation-radius
    let P random average-production
    set resources round (resources + P)
  ]
end

```

Bloco de Código 17 - Produção de recursos no modelo de comunidades sambaquianas.

```

to grn-trade
  if any? turtles with [resources < 2 and count edge-neighbors > 0]
  [
    ask one-of turtles with [resources < 2 and count edge-neighbors >
0 ]
    [
      if random-float 1 < trade-probability and any? edge-neighbors
with [resources > 1]
      [
        set resources resources + 1
        ask edge-neighbors with [resources > 1] [set resources
resources - 1]
      ]
    ]
  ]
end

```

Bloco de Código 18 - Procedimento de trocas de reciprocidade generalizada.

Seguindo a ordem das ações, após produzir os recursos, os agentes tem a possibilidade de fazer trocas, interagindo com uma de suas conexões (**grn-trade**). Este procedimento foi adaptado do código do modelo de redes apresentado por Crabtree (2015) e Romanowska *et al.* (2021) (Bloco de Código 18). Esta interação de troca inicial é baseada na dinâmica de reciprocidade generalizada, então apenas os agentes que possuem conexões serão capazes de interagir uns com os outros. Neste procedimento trabalhamos com diversas condicionais. A primeira delas é a identificação de agentes que possuam menos que 2 recursos e que possuam alguma conexão. A partir disso, usamos um *random-float* comparado com a variável *trade-probability*, que regula a probabilidade de estabelecer trocas. Caso a probabilidade de trocas seja mais alta que o valor aleatório gerado, haverá a interação entre agentes. O recurso do agente que pede será aumentado em uma unidade e o recurso do vizinho será diminuído em uma unidade. O vizinho que dá o recurso não pode ser alguém com zero recursos, para não ficar com recursos negativos.

```

to consume
  ask turtles
  [
    let C random resources
    set resources resources - C
  ]
end

```

Bloco de Código 19 - Procedimento de consumo de recursos para o modelo de comunidades sambaquianas.

Após os recursos serem produzidos e/ou trocados, os agentes consomem estes recursos através do procedimento `consume` (Bloco de Código 19). Da mesma maneira que o código de produção de recursos, é necessário recorrer a aleatoriedade para representar variações em níveis de consumo. Durante a execução deste procedimento os agentes tem a possibilidade de consumir uma quantidade aleatória entre zero e o máximo de recursos que possuem.

```

to growth
  ask turtles
  [
    let open-patches patches with [not any? turtles-here and
suitability > 0]
    if any? open-patches and random 100 < growth-rate and resources >
(min-resource-split * 2)
    [
      hatch 1
      [
        set shape "triangle"
        set size 3
        set resources min-resource-split
        move-to max-one-of open-patches [suitability]
        create-edge-with myself
      ]
      set resources resources - min-resource-split
    ]
  ]
end

to death
  ask turtles
  [
    if resources < 1 and random 100 < death-rate [die]
  ]
end

```

Bloco de Código 20 - Procedimentos para criação de novas comunidades e remoção da simulação do modelo de comunidades sambaquianas.

Por fim os agentes executam duas ações, criação de novos agentes (`growth`) ou são removidos da simulação (`death`). A criação de novos agentes tem como base uma

condição de existência de espaços livres para expansão e o dobro do número mínimo de recursos disponíveis. Esse alto valor de recursos disponíveis está relacionado com o fato de que a nova comunidade criada irá ficar com metade destes recursos. A nova comunidade será conectada à comunidade que a deu origem, simulando relações de parentesco entre diferentes grupos. O procedimento de remoção da simulação é baseado na taxa de mortalidade e na ausência de recursos. As comunidades que não satisfazem essas condições são removidas da simulação ao final de cada ciclo. Os códigos dos dois procedimentos estão apresentados no bloco acima.

Com essas linhas de código nosso modelo já é capaz de reproduzir um comportamento de ocupação do território e interação entre comunidades. Porém apenas uma forma de interação está sendo simulada: a reciprocidade generalizada. Portanto, apenas comunidades que possuem alguma conexão entre si são capazes de interagir. Para incluir a outra forma de interação, a reciprocidade balanceada, precisamos fazer algumas alterações no código. Porém primeiramente precisamos entender que a reciprocidade balanceada apresenta demandas para ambas as partes envolvidas em uma troca. O agente que empresta os recursos espera uma retribuição dos mesmos. Essa retribuição deverá ocorrer no próximo ciclo de produção de recursos. Caso não ocorra retribuição, o agente ficará marcado como um devedor até que a dívida seja paga. A existência de dívidas deve, portanto, ter algum impacto negativo para as comunidades.

Seguindo os procedimentos para a interação de reciprocidade balanceada apresentados por Crabtree (2015) e Romanowska *et al.* (2021) e estes princípios de credores-devedores, a simulação desta interação demanda a criação de duas novas variáveis próprias dos agentes. A primeira dessas variáveis é um valor de reputação dos agentes (*reputation*), essa reputação regula a probabilidade de aceitação de propostas de troca e está relacionada às dívidas dos agentes. A segunda variável é uma lista de devedores (*trade-list*), que funciona como uma “memória” dos agentes para registrar as comunidades com que estabeleceu alguma interação de troca. Estas duas variáveis devem ser incluídas na lista de variáveis `turtles-own`. O procedimento de inicialização deve ser alterado também para que na criação dos agentes as novas variáveis recebam um valor inicial (Bloco de Código 21). Para a reputação, inserimos o valor de 0,95 para evitar problemas de cálculos de reputação nos procedimentos futuros.

```

to setup-shellmounds-general
  create-turtles n-initial-sites
  [
    set shape "triangle"
    set size 3
    set color pink
    set reputation 0.95
    set trade-probability coop-probability
    set trade-list (list)
    move-to max-one-of land-patches with [not any? turtles-here]
    [suitability]
  ]
end

```

Bloco de Código 21 - Alterações no procedimento de inicialização dos agentes no modelo de comunidades sambaquianas.

A ação de reciprocidade balanceada, ao contrário da reciprocidade generalizada, é composta por três procedimentos. O primeiro é a interação de troca em si (**brn-trade**), o segundo é o pagamento dos credores (**repay-trade**), e o terceiro é a atualização da reputação de acordo com o pagamento ou não de suas obrigações (**reputation-update**). A troca da reciprocidade balanceada é bastante semelhante à troca generalizada (Bloco de Código 22). Primeiramente verificamos os agentes que possuem poucos recursos e pedimos para confrontar um valor aleatório com a sua reputação e a sua probabilidade de troca. Nota-se aí a importância de manter um alto valor de reputação para garantir futuras trocas. O agente então pega emprestado um recurso de um agente que possua dois ou mais recursos disponíveis e adiciona aos seus, junto com o endereço do agente credor à sua lista de credores. No final, criamos um novo tipo de link conectando credores e devedores com a cor vermelha, chamado de *tradelink*, que também deve ser definido no início do código com a função **undirected-link-breed**.

```

to brn-trade
  if any? turtles with [resources < 2] [
    ask turtles with [resources < 2] [
      if random-float 1 < reputation and random-float 1 < trade-
      probability [
        let lender one-of turtles with [resources >= 2]
        ask lender [ set resources resources - 1 ]
        set resources resources + 1
        set trade-list lput [who] of lender trade-list
        create-tradelink-with lender [set color red]
      ]
    ]
  ]
end

```

Bloco de Código 22 - Procedimento de Reciprocidade Balanceada para o modelo de comunidades sambaquianas.

```

to reputation-update
  ask turtles
  [
    ifelse length trade-list > 0
    [
      let R ( 0.05 * length trade-list )
      if reputation - R > 0 [set reputation reputation - R]
    ]
    [ set reputation 0.95]
  ]
end

```

Bloco de Código 23 - Procedimento de atualização de reputação.

O procedimento para atualização de reputação opera a partir do tamanho da lista de credores (Bloco de Código 23). Quanto maior for o comprimento desta lista, menor a reputação do agente. Iniciando com uma reputação de 0,95 os agentes diminuem 0,05 por cada credor presente na lista. Caso não existam mais credores, a reputação volta para o valor máximo.

O último procedimento necessário para completar todas as ações de reciprocidade balanceada é o pagamento das dívidas (Bloco de Código 24). Esse pagamento só ocorre caso o agente devedor possua mais do que um recurso em seu estoque. O pagamento será sempre feito para o primeiro credor da sua lista. Enquanto houverem credores na lista e recursos suficientes para pagar, o devedor irá executar esta ação.

```

to repay-trade
  ask turtles
  [
    if length trade-list >= 1
    [
      while [length trade-list >= 1 and resources > 1]
      [
        set resources resources - 1
        let lender first trade-list
        ask turtle lender [set resources resources + 1]
      ]
    ]
  ]
end

```

Bloco de Código 24 - Procedimento para pagamento de dívidas do modelo de comunidades sambaquianas.

```

to go
  if ticks = 1000 [stop]
  if not any? turtles [stop]
  produce-resources
  if brn?
  [
    repay-trade
    reputation-update
    brn-trade
  ]
  if grn?
  [
    grn-trade
  ]
  consume
  growth
  death
  tick
end

```

Bloco de Código 25 - Procedimento Go atualizado do modelo de comunidades sambaquianas.

Na construção de modelos baseados em agentes devemos pensar sempre na implementação de possibilidades de interação e experimentação do usuário com as simulações. Para isso, criamos na tela da interface do usuário dois interruptores de variáveis booleanas que permitem a seleção de dinâmicas de interação que deseja simular (*brn?* e *grn?*). As duas dinâmicas podem ser ativadas ao mesmo tempo, porém devido à estrutura do código uma delas será sempre executada antes da outra. Com isso, atualizamos nosso procedimento go para incluir toda a possibilidade de ação da interação de reciprocidade balanceada (Bloco de Código 25).

Uma última melhoria que pode ser incluída neste modelo são ferramentas para visualização, plotagem e exportação de dados. Esses elementos permitem com que os resultados das simulações possam ser comparados e trabalhados em diferentes ambientes. Há muitas possibilidades de criação de gráficos no NetLogo, porém aqui iremos usar dois exemplos: a contagem de indivíduos e um histograma de distribuição. Para a contagem de indivíduos incluímos com o botão direito do mouse na tela de interface do usuário um gráfico e nos comandos de atualização da caneta inserimos a seguinte linha de código: `plot count turtles`. Para o histograma, onde iremos exibir os recursos dos agentes, devemos fazer um código um pouco mais elaborado na área de comandos de atualização da caneta (Bloco de Código 26). Como trabalhamos com arquivos do mundo real, em ambiente SIG, podemos também exportar a localização dos sítios virtuais criados na simulação. Para isso precisamos criar um procedimento que guarda as coordenadas de

localização destes sítios em formato *shapefile* em uma pasta do computador (Bloco de Código 27).

```
let max-resources max [resources] of turtles
set-plot-x-range 0 (max-resources + 1)
histogram [resources] of turtles
```

Bloco de Código 26 - Comandos de plotagem para histogramas no NetLogo.

```
to export-turtles
  let shellmounds gis:turtle-dataset turtles
  gis:store-dataset shellmounds "../results/virtual_shellmounds"
end
```

Bloco de Código 27 - Procedimento para exportar a localização dos agentes para formato *shapefile*.

Seguindo o ciclo de modelagem podemos considerar que no estado atual de desenvolvimento temos uma simulação que é capaz de representar adequadamente diferentes dinâmicas de trocas entre comunidades sambaquianas e também o crescimento da sociedade sambaquiana como um todo na área de pesquisa. O ciclo de modelagem, no entanto, nunca termina. É ideal, e esperado, que quando damos um modelo por concluído seja deixado para futuros leitores e usuários ideias de possibilidades de expansão. Os modelos baseados em agentes possuem uma forma específica de comunicação chamada de Relatório ODD (Overview, Design concepts and Details) (Grimm *et al.* 2020) que permite a compreensão e reprodução dos modelos. Essa estrutura de relatório apresenta de forma resumida as características do modelo, elementos para funcionamento e observações. Nos anexos, incluímos os relatórios ODD para os dois modelos construídos aqui nesta pesquisa.

O código disponibilizado no repositório virtual desta pesquisa apresenta algumas diferenças do código trabalhado neste capítulo, assim como no modelo de mobilidade. Principalmente no que diz respeito aos comentários do código e nas ferramentas de interface e exportação de resultados. Entretanto, reforçamos que todos os elementos e lógicas utilizadas na construção deste modelo foram abordadas ao longo do texto.

5.3. SÍNTESE

Os modelos baseados em agentes são uma forma de se representar fenômenos complexos que ocorrem a partir da interação dos indivíduos com o mundo e com outros indivíduos. Com origem na ecologia estes modelos podem ser aplicados na arqueologia para abordar diferentes questões e em diferentes escalas. A construção dos modelos, detalhada passo a passo ao longo do capítulo, segue a lógica do ciclo da modelagem (Grimm & Railsback 2005). Esse ciclo dialético permite a construção e a implementação

de modelos com uma complexidade incremental ao longo de um processo de constante retroalimentação.

Há um grande número de linguagens de programação disponíveis para a construção destes modelos, nessa pesquisa o *software* NetLogo foi utilizado como base. Em um modelo baseado em agentes possuímos, de maneira geral, duas entidades: os agentes, identificados no *software* como *turtles*, e as células que compõem o ambiente de interação, por sua vez identificadas como *patches*. Os agentes podem representar diferentes escalas de abordagem. Nos modelos apresentados neste capítulo utilizamos duas abordagens escalares distintas: uma ao nível do indivíduo sambaquiano e outra ao nível das comunidades sambaquianas. Em ambos os modelos os *patches*, as células, que compõem o mundo virtual de interação representam a área de estudo no litoral sul de Santa Catarina.

O primeiro modelo apresentado foi um modelo de mobilidade, à nível do indivíduo sambaquiano, para a área de estudo. O modelo é baseado num modelo de superfície de custo energético acumulado (LCA – *Least Cost Analysis*) (White 2015) que leva em consideração aspectos da topografia e hidrografia para calcular a dificuldade de locomoção pelo terreno. Este cálculo também leva em conta a noção de que os cursos d'água são vetores que facilitam a circulação dos indivíduos sambaquianos, tendo em vista o importante papel das canoas na mobilidade sambaquiana. Esse modelo, construído de forma interativa, permite que o usuário defina pontos de partida e destino dentro da área de estudo e selecione diferentes parâmetros de comportamento dos agentes. Há possibilidades de alterar aspectos do campo de visão do indivíduo e também na otimização das escolhas de caminhos. A otimização permite explorar situações de diferentes níveis de eficiência energética no processo de escolha dos trajetos.

O segundo modelo, em que os agentes representam comunidades inteiras, tem como objetivo explorar diferentes formas de interação entre comunidades sambaquianas com relação à produção e troca de recursos. Os recursos são produzidos a partir de uma interação dos agentes com o mundo virtual, baseado num mapa preditivo feito em ambiente SIG. Ao longo da simulação os agentes interagem com o ambiente, produzem e consomem recursos e estabelecem trocas uns com os outros. Essas dinâmicas de trocas de recursos são baseadas nas propostas de reciprocidade discutidas por Sahlins e Graeber (2017), adaptadas de algoritmos criados por Crabtree (2015) e Romanowska *et al.* (2021). Há duas dinâmicas de reciprocidade representadas: a generalizada e a balanceada. Na dinâmica generalizada os agentes fazem trocas de recursos sem esperar um retorno, de

maneira solidária. Na dinâmica balanceada os agentes esperam que uma troca seja retribuída. A não retribuição impacta um sistema de reputação individual, que regula a probabilidade de aceitação de trocas. Neste modelo é possível fazer combinações de diferentes parâmetros de variáveis para explorar estas questões e resultados. Um ciclo de simulação representa uma escala temporal de um ano, sendo que a simulação como um todo é executada por um total de mil ciclos. Essa escala de tempo nos permite observar os impactos da interação entre comunidades em uma escala de longa duração.

6. INTERPRETANDO A OCUPAÇÃO SAMBAQUIANA

O registro arqueológico, ou melhor, a própria história das populações humanas depende de múltiplos fatores, condições e eventos que ocorreram no passado. Conforme citamos no capítulo anterior, Gould (1990) afirma que mesmo que fosse possível reiniciar toda a história desde o começo, dificilmente atingiríamos o mesmo estado atual das coisas. A modelagem baseada em agentes possibilita, portanto, dar um passo neste sentido da interpretação do registro arqueológico. Através dela podemos realizar experimentos, trazendo o processo de formação do registro para dentro do laboratório. Esses experimentos são uma forma de se testar e construir hipóteses sobre o registro arqueológico.

Neste capítulo iremos discutir os dois modelos apresentados no capítulo anterior. Aprofundamos a nossa construção narrativa sobre o território sambaquiano a partir da análise de dois elementos que compõem a história de vida do território em diferentes escalas. Primeiramente iremos trabalhar o modelo de mobilidade, pois é através do movimento que os lugares são conectados para formar o território (Zedeño 2008). Por fim, iremos abordar o modelo das comunidades sambaquianas onde trabalharemos com as dinâmicas de interação e ocupação de toda a área de pesquisa. Da mesma forma que os modelos baseados em agentes são construídos “de baixo para cima”, a nossa interpretação parte do indivíduo para o todo.

6.1. A TERRITORIALIDADE CONSTRUÍDA COM OS PÉS, UM MODELO DE MOBILIDADE SAMBAQUIANA

Zedeño (2008) afirma que a territorialidade é construída através do movimento de indivíduos através do espaço, pois é assim que se conectam os lugares. A mobilidade inclui as viagens de longa distância, mas também inclui os pequenos deslocamentos das nossas atividades rotineiras. Para além de conectar lugares, a mobilidade conecta os seres humanos com o próprio mundo, é através da movimentação e exploração que podemos apreender o mundo (Leary 2014b: 3). Entender as características do deslocamento dos indivíduos é, portanto, uma forma de entender como se constroem as relações entre ser humano e o espaço, é entender a construção dos fluxos que constroem a paisagem.

Locais que concentram e/ou restringem acesso são de grande importância para diferentes sociedades humanas. Llobera *et al.* (2011) destacam a importância da mobilidade como uma forma de estruturação do espaço, segundo os autores uma paisagem apresenta uma ordenação a partir do momento em que um local se torna um

destino fixo. Aplicando esta interpretação para o mundo sambaquiano podemos afirmar que os sambaquis são esses destinos fixos, devido ao seu caráter simbólico. Os festins funerários, identificados por Klökler (2008, 2014, 2017b), são um dos motivos para que os indivíduos se desloquem até estes destinos fixos. Para além dos destinos fixos existem os espaços de circulação, que no mundo sambaquiano correspondem as lagoas. DeBlasis *et al.* (2007) discutem que é nas lagoas onde ocorre a maior interação social entre as comunidades, a organização social sambaquiana é baseada no compartilhamento deste espaço coletivo de circulação.

A mobilidade, que é representativa de tantos aspectos da vida humana, é um tema bastante explorado pela arqueologia. Essa exploração é realizada a partir de múltiplas abordagens teóricas e com múltiplos objetivos (produção de modelos socioeconômicos, formas de organização, áreas de ação e interação, etc. (Gianotti 2014). Uma das mais recorrentes formas de se analisar a mobilidade na arqueologia parte de um olhar racional baseado em questões de custo-benefício. Esse método de análise é conhecido por *Least Cost Path Analysis* (LCA), ou então, análises de caminhos de menor custo (White 2015; D'Ávila 2017; Kozłowski & Corteletti 2019; Merencio & DeBlasis 2021). Nesse método a mobilidade é compreendida a partir do custo energético de deslocamento na paisagem. Podem ser analisadas rotas entre sítios ou então o custo acumulado de deslocamento na paisagem. Há uma enorme diversidade de formas de se calcular esse custo energético, desde cálculos simples com relação apenas à declividade até algoritmos complexos que envolvem dados e estudos empíricos sobre anatomia humana. No entanto, o que se percebe, é que nesta abordagem há um peso muito grande as questões de lógica, eficiência e otimização. De acordo com Leary (2014b: 4), essa abordagem, ao tratar da escolha de estratégias de mobilidade como resultado apenas de decisões lógicas e racionais, perde a capacidade de entender a mobilidade como um importante componente da relação entre seres humanos entre si e com a natureza.

Conforme discutido anteriormente, a modelagem baseada em agentes é uma ferramenta que permite analisar escolhas e decisões ao nível do indivíduo. Com o extenso uso de recursos estocásticos, a modelagem baseada em agentes é capaz de simular, ainda que de maneira rudimentar, comportamentos individuais. Essas características da modelagem baseada em agentes, quando aplicada em uma análise de mobilidade de menor custo, são capazes de adicionar uma nova dimensão para uma técnica de análise já estabelecida como o LCA. Neste tópico apresentaremos um modelo baseado em agentes para a mobilidade das populações sambaquianas no litoral sul de Santa Catarina. Para

aprofundar a discussão sobre as possibilidades de uso desta técnica de modelagem na análise de mobilidade iremos comparar este modelo com a técnica mais recorrente de análise de mobilidade, os caminhos de menor custo, produzida em ambiente SIG.

O processo completo de construção do modelo de mobilidade, incluindo todo o ciclo de modelagem, está descrito no Capítulo 5. No entanto, cabe aqui lembrar que este modelo foi construído seguindo uma lógica semelhante às análises tradicionais de LCA, isto é, a primeira etapa foi a criação de uma superfície de custo energético. Estes mapas de superfície de custo são a expressão gráfica do custo energético de deslocamento na paisagem. O custo energético de deslocamento traduz as variações e desigualdades espaciais que influenciam na dificuldade de locomoção no espaço. Através da soma de planos de informação em ambiente SIG podemos inserir diferentes elementos a serem considerados no produto final da superfície de custo. Conforme apresentamos no capítulo anterior, a superfície de custo criada para estes modelos se baseia em apenas dois elementos: a declividade e a hidrografia. Essa é uma das formas mais simples de se calcular o custo energético de deslocamento de um indivíduo, pois se baseia apenas no esforço necessário para percorrer áreas de relevo acidentado e na travessia de corpos d'água.

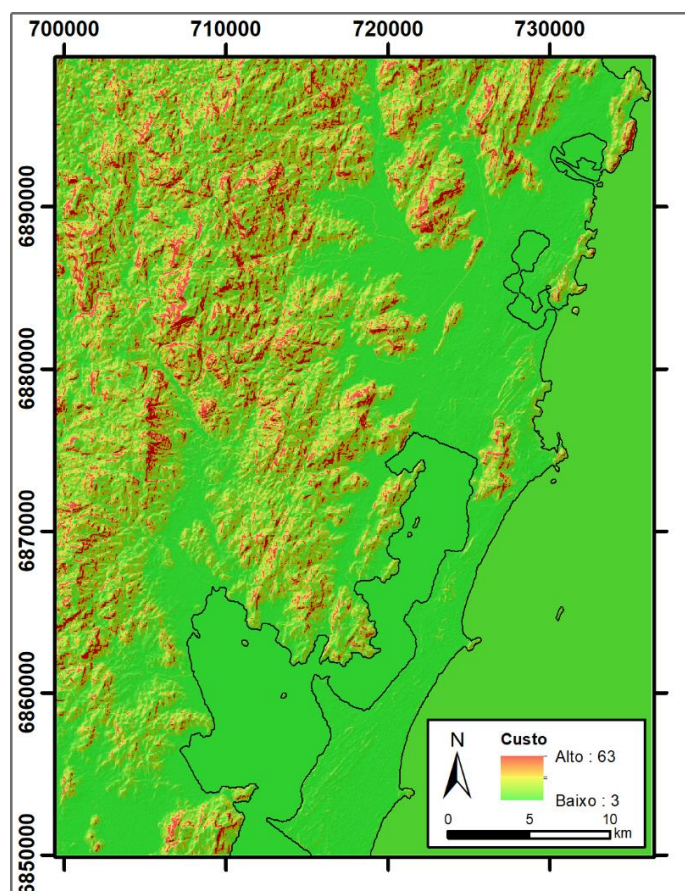


Figura 13 - Superfície de custo energético para deslocamento. Elaborado pelo autor.

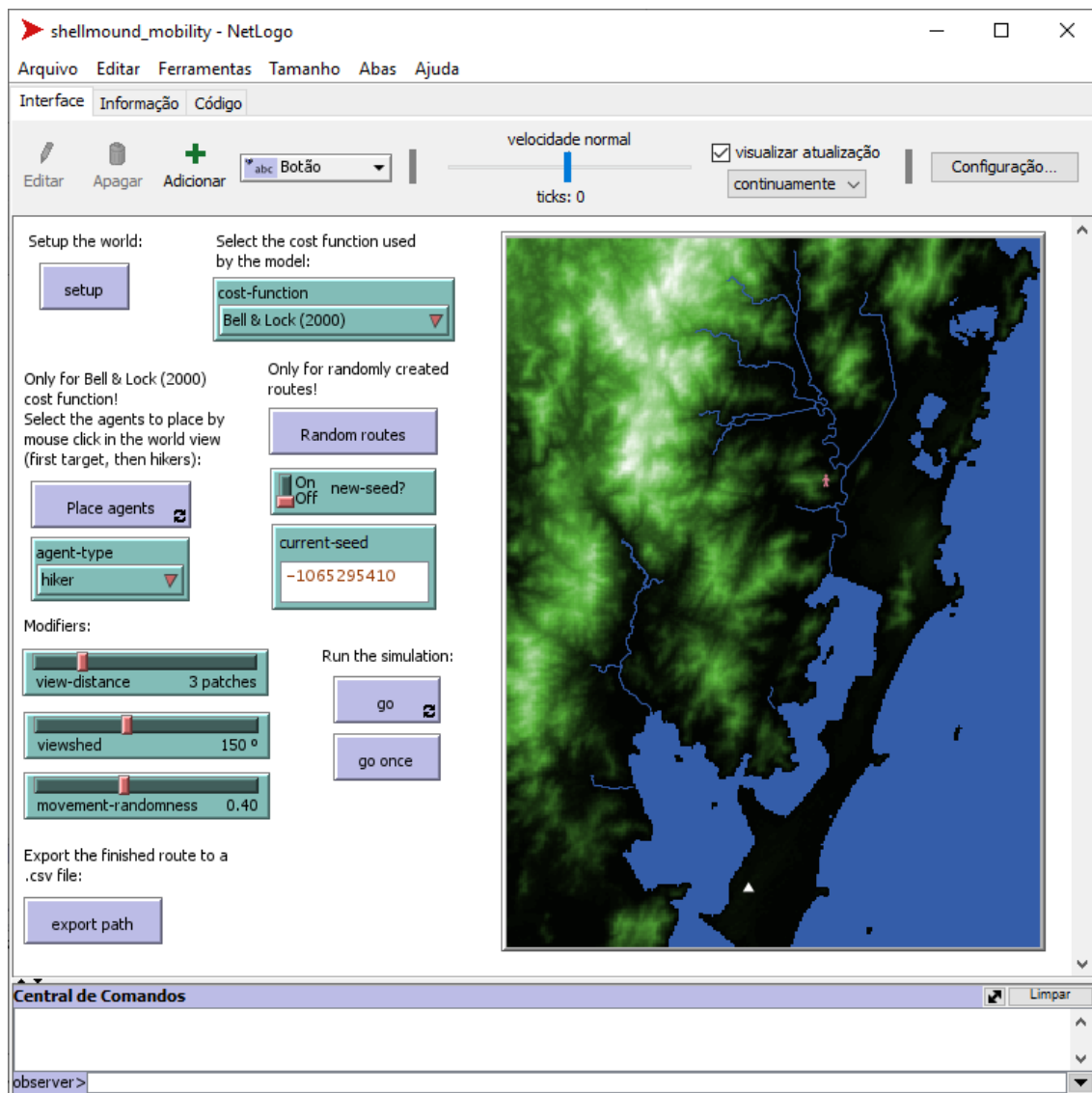


Figura 14 - Modelo de mobilidade na inicialização das rotas. O boneco indica o ponto de partida, o triângulo branco indica o ponto de chegada.

Utilizando a abordagem de LCA (White 2015; Kozłowski & DeBlasis 2019; Merencio & DeBlasis 2021), foram definidos custos para diferentes níveis de declividade a partir da fórmula de Bell e Lock (2000) em que o custo relativo é obtido a partir da tangente do ângulo de declividade dividida pela tangente de 1° . Com relação à hidrografia, os custos energéticos foram calculados pensando nas dinâmicas características das populações sambaquianas com o uso de canoas para se deslocar na região – cujo uso era de grande importância na vida sambaquiana (DeBlasis *et al.* 2007). A superfície de custo resultante (Figura 13), demonstra que a maior parte da região apresenta baixo custo energético de deslocamento, principalmente por se tratar de uma área bastante plana. As áreas de maior dificuldade de locomoção são aquelas localizadas nas encostas da serra.

Para apresentar as possibilidades da análise de mobilidade com o uso de modelos baseados em agentes e também comparar os resultados com o método tradicional de LCA,

iremos realizar uma série de experimentos. Para todos os experimentos utilizamos um valor fixo de *seed* (657472135) e geramos aleatoriamente um ponto de partida e de chegada (Figura 14), localizados entre o vale do Rio d'Una e na região de Cabeçuda, respectivamente no norte e sul da área de estudo. Essas áreas são repletas de sambaquis, e, portanto, ideais para execução de análises de mobilidade. Todas as rotas resultantes foram exportadas em formato .csv e convertidas em vetores no ArcGIS 10.5.

Nosso primeiro experimento (Figura 15) demonstra as diferentes rotas que podem ser obtidas a partir apenas da combinação de diferentes valores para as duas variáveis do campo de visão: a distância e o campo de visão. Para a variável de distância utilizamos cinco valores (2, 4, 6, 8 e 10 *patches*). Cada *patch* corresponde, no modelo, à um quadrado com 150 metros de lado. Para a variável do campo de visão, utilizamos três valores – 90°, 120° e 220° –, associados aos ângulos da visão monocular, binocular e o ângulo máximo de visão, respectivamente.

Os cinco mapas da Figura 15 apresentam os resultados das diferentes combinações de variáveis do campo de visão. Levando em consideração apenas a variável da distância da visão, podemos analisar as situações apresentadas de diferentes maneiras. No mapa 1 vemos que a distância do campo de visão de dois *patches* faz com que as três rotas apresentem um comportamento bastante semelhante. Os indivíduos, mesmo nas situações em que contam com um campo angular maior de visão, acabam perdendo opções de locais de deslocamento. Uma situação de baixa visibilidade assim pode ser relacionada com ambientes de vegetação densa, que dificultam a avaliação do entorno do viajante. No mapa 2, podemos observar que há uma recorrência dos padrões do mapa anterior, nas rotas feitas com maior ângulo de visão os indivíduos optaram por escolher caminhos pelo interior. Entretanto, na situação em que o ângulo de visão é de 90°, o viajante optou por um caminho alternativo lagoa adentro. No terceiro mapa, em que testamos uma visibilidade equivalente de pouco menos de um quilômetro, vemos que há uma rota para a visão binocular de 120° que segue navegando pelos rios até a lagoa. De lá o viajante segue para uma praia perto da Ponta do Perrechil e vai a pé até o destino da viagem. No quarto mapa, as rotas em diferentes ângulos de visão são similares, porém os viajantes entram e saem das lagoas em diversos pontos. Num sentido prático, uma situação dessas seria pouco provável, tendo em vista que esses viajantes deveriam ter que transportar essas canoas por terra até a próxima travessia. Uma situação semelhante à essa se repete no quinto e último mapa, onde os agentes são capazes de identificar um grande

número de células potenciais para se deslocar ao seu redor durante cada ciclo da simulação.

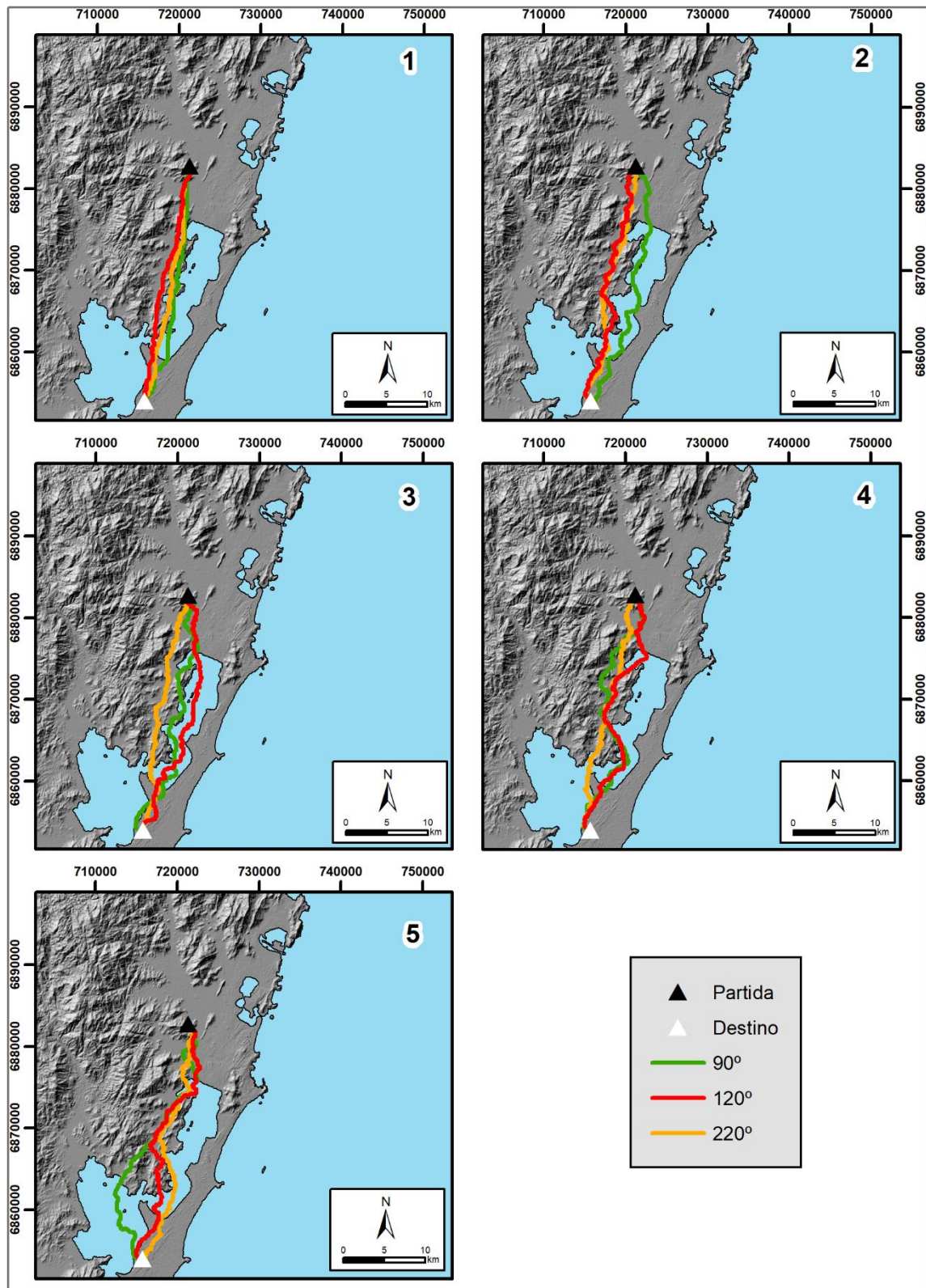


Figura 15 - Resultado comparativo de diferentes variáveis de campo de visão. 1 - Rotas geradas para 2 *patches* de distância. 2 - Rotas geradas para 4 *patches* de distância. 3 - Rotas geradas para 6 *patches* de distância. 4 - Rotas geradas para 8 *patches* de distância. 5 - Rotas geradas para 10 *patches* de distância. Elaborado pelo autor.

Quando levamos em consideração apenas as rotas feitas com ângulo de visão de 120°, o valor mais comum para a visão binocular humana, vemos que em praticamente todas as situações os agentes optam por caminhar por terra. Essas áreas são, em sua maioria, áreas planas e de fácil deslocamento. Neste local de passagem terrestre, é onde se localiza atualmente a rodovia SC-437. Essa área da rodovia é um local plano e que possivelmente pode ter sido utilizado por diferentes populações, muito antes da construção da rodovia, para se locomover de forma pedestre na região. Não é possível excluir, no entanto, que a presença da rodovia na área tenha influenciado a imagem de satélite utilizada para levantar a topografia da região e que, por sua vez, a topografia plana nas áreas de estradas estejam influenciando as rotas do modelo. Outra ressalva importante que devemos fazer é o fato de que esse modelo não considera diferentes tipos de solo e de vegetação, deixados de lado na construção da superfície de custo pois não há informações suficientes para incluir em um modelo. Portanto, o deslocamento por algumas áreas terrestres pode ter sido bastante dificultado pela presença de vegetação densa, o que favoreceria o deslocamento através dos corpos d'água.

Quando comparamos apenas as rotas em que o agente contava com um ângulo de 120° de visão, notamos três situações diferentes. A primeira delas ocorre quando a distância é menor que seis *patches*, que resulta em uma rota bastante linear que segue o interior do continente, passando por diversos pontos de alto custo energético de deslocamento. A segunda situação ocorre quando a distância é maior que 8 *patches*, representada nos mapas 4 e 5 da Figura 15. Nestes dois mapas vemos que a rota de 120° segue pelo rio D'uma em direção à lagoa Mirim, de lá o viajante segue em direção ao interior por uma área plana entre as montanhas, saindo próximo ao local onde hoje é o município de Imaruí e adentra a lagoa novamente até o destino final. Por fim, a terceira situação, exposta no quadro 3, é a que faria mais sentido pensando em populações canoeiras. Seguindo pelo Rio d'Una, o viajante desemboca na Lagoa Mirim e atravessa toda a lagoa até o destino final. Tendo como base todas essas situações apresentadas na Figura 15, nos próximos experimentos utilizaremos valores fixos para as variáveis do campo de visão. Estes valores fixos são 6 *patches* na distância e 120° de ângulo de visão.

Os modelos de mobilidade que utilizam as técnicas tradicionais de LCA produzidos nos *softwares* de geoprocessamento são baseados em uma lógica de máxima eficiência energética. A técnica pressupõe seres totalmente racionais nas escolhas de deslocamento, optando sempre pelos locais de menor custo. Neste âmbito, nosso segundo experimento busca explorar uma dimensão em que os indivíduos simulados possam fazer

escolhas “não-ideais”. Isto é, em cada turno da simulação em que o agente decide o seu próximo passo de deslocamento, há uma chance de que ele escolha ou não a opção mais adequada energeticamente em relação ao seu deslocamento. Essa exploração se faz possível através da variação dos valores da variável de aleatoriedade do movimento. Essa variável controla a chance de escolha da melhor célula para se movimentar, quanto maior a aleatoriedade do movimento menor será a chance de o agente optar pelo deslocamento até uma célula “ótima”.

A variável de aleatoriedade do movimento, possui um espectro de valores entre 0 e 1, contado em passos de 0,05. Para este experimento avaliamos cinco diferentes níveis de aleatoriedade distintos entre 0% a 100% de aleatoriedade em acréscimos de 20%, ou seja, apresentamos uma gama de cenários variando entre uma situação em que os agentes tomem apenas decisões ótimas até uma situação em que os agentes escolham os seus próximos passos somente de forma aleatória.

Observando os resultados dos testes de aleatoriedade na Figura 16 vemos a diversidade de rotas quando se insere no modelo a possibilidade de que os agentes não realizem apenas os movimentos mais energeticamente eficientes. A variação na taxa de aleatoriedade possui um grande impacto nas rotas realizadas pelos agentes. A rota apresentada no mapa 1, em que não há chances de o agente escolher uma célula não ideal para se deslocar, vemos que o indivíduo percorre a trajetória por dentro da lagoa. Esse seria o caminho mais ideal para esta rota, de acordo com o cálculo da superfície de custo de Bell e Lock (2000), tendo em vista a preferência pelo uso de canoas para o deslocamento das populações sambaquianas. Nos mapas 2, 3 e 4, os cenários são similares. As trajetórias são todas feitas por terra, cruzando a lagoa em diferentes partes da área onde hoje encontra-se o município de Imaruí. Passando principalmente pela área onde hoje passa a rodovia SC-437, uma área mais plana e de fácil deslocamento. A diferença maior entre as três rotas é o tanto de vezes em que o indivíduo percorre áreas de maior declividade, quanto mais aleatório o movimento, mais áreas de maior custo energético são percorridas. No mapa 5, com 80% de aleatoriedade, vemos uma rota bastante extensa, atravessando diversos locais da paisagem, mas que atinge o seu destino final. Por fim, no mapa 6, em que o agente escolhe apenas células aleatórias para se locomover, vemos uma trajetória bastante distinta das demais. A taxa de aleatoriedade no movimento é tão alta que faz com que o agente não seja capaz de atingir o seu destino.

A aleatoriedade do movimento dos indivíduos pode ser uma forma de se representar diferentes níveis de foco na jornada. Em um cenário que os agentes possuem pleno conhecimento do ambiente e que estejam em uma travessia focada, ou seja, apenas com o objetivo de se chegar ao destino final, podemos considerar que apenas os lugares mais eficientes serão escolhidos. A taxa de aleatoriedade é de grande utilidade para tentar buscar interpretações sobre a ocupação e exploração de novos territórios, entretanto, em uma lógica de ocupação de longa duração devemos reconhecer que os trajetos e caminhos vão sendo conhecidos e otimizados pela circulação contínua de pessoas no espaço, resultando em uma taxa baixíssima de aleatoriedade.

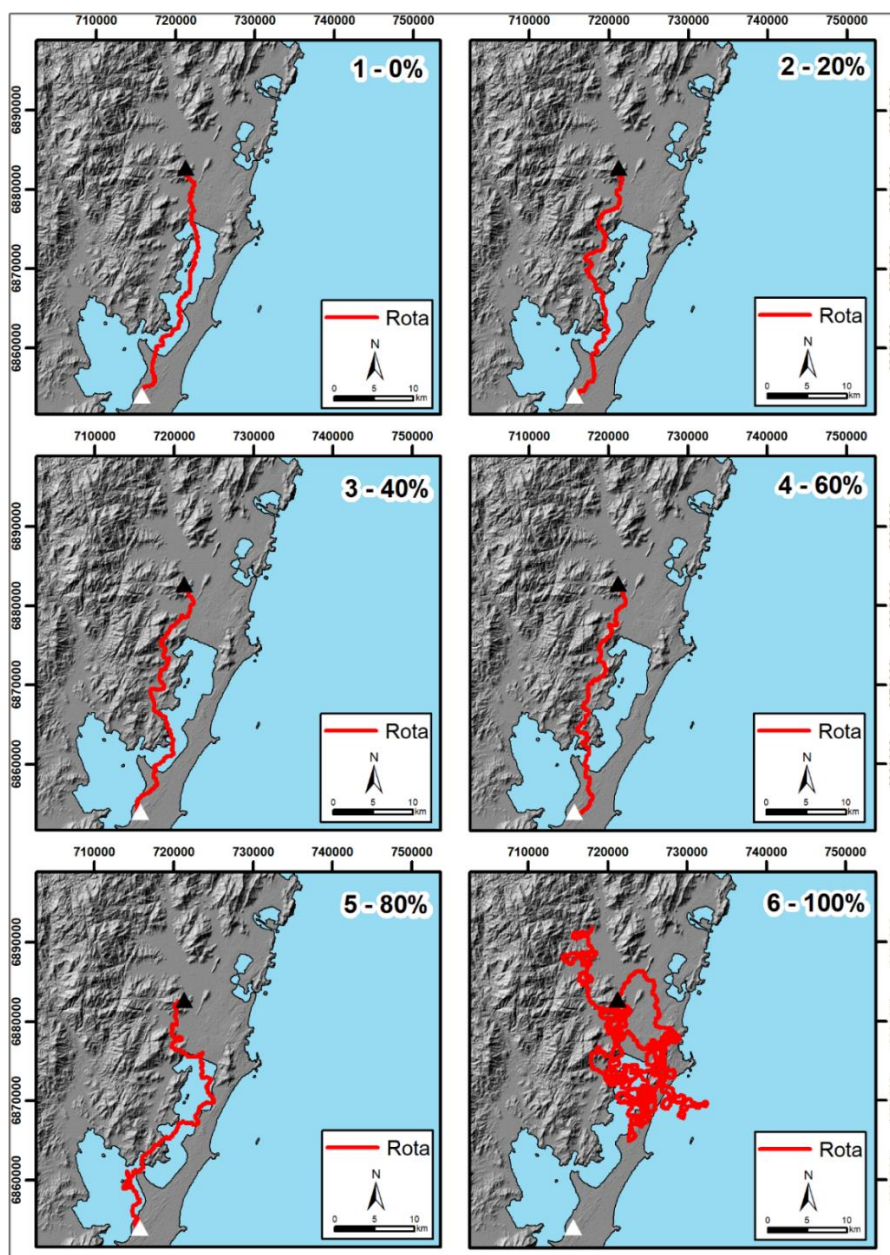


Figura 16 - Resultado comparativo de diferentes níveis de aleatoriedade no movimento. Mapa 1 - 0% de aleatoriedade. Mapa 2 - 20% de aleatoriedade. Mapa 3 - 40% de aleatoriedade. Mapa 4 - 60% de aleatoriedade. Mapa 5 - 80% de aleatoriedade. Mapa 6 - 100% de aleatoriedade. Elaborado pelo autor.

Um outro exercício produzido foi uma comparação entre o modelo de mobilidade produzido através da técnica tradicional de LCA, com base no geoprocessamento de uma rota entre os pontos utilizados para os experimentos anteriores com uma rota de máxima eficiência produzida através da modelagem baseada em agentes. Para a rota de máxima eficiência utilizamos os parâmetros de 120° de ângulo de visão, 6 *patches* de distância na visão dos indivíduos e um total de 0% de aleatoriedade no movimento, ou seja, com o agente optando apenas pelas melhores células para se deslocar no espaço. Na Figura 17, apresentamos o resultado deste experimento, com a rota do modelo baseado em agentes destacada em vermelho e a rota do modelo LCA em azul. O que se pode observar de imediato é a grande proximidade entre os dois resultados. De maneira geral as duas linhas se acompanham na maior parte da trajetória, seguindo por um caminho no Rio d'Una até a Lagoa Mirim, onde o indivíduo navegaria até a região da Ponta do Perrechil e caminharia até o destino final.

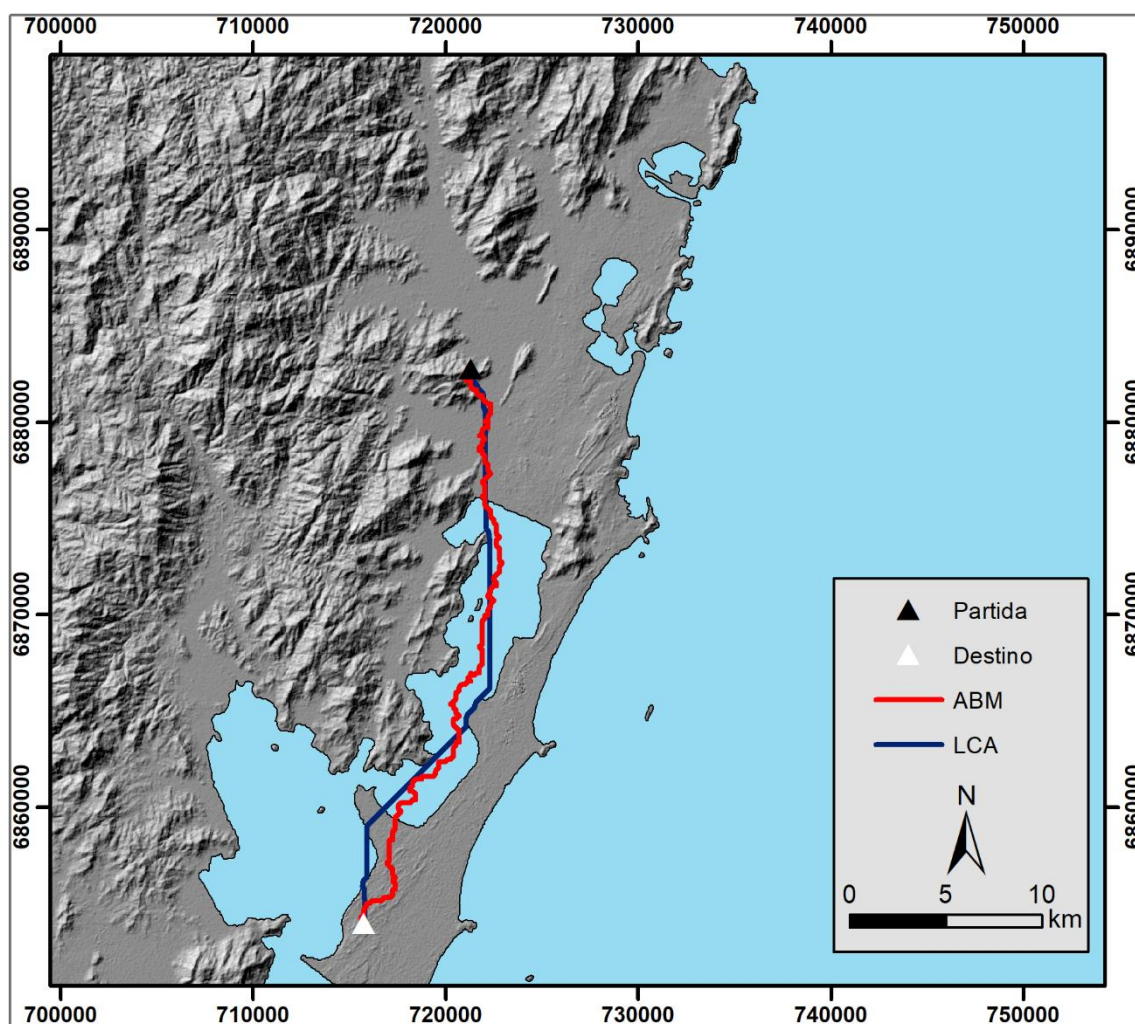


Figura 17 - Comparação entre rotas de mobilidade produzidas através da técnica de modelagem baseada em agentes (ABM) e da análise de menor custo (LCA). Elaborado pelo autor

Quando comparamos os resultados das análises de rotas produzidas em modelagem baseada em agentes com o resultado da análise de LCA, fica clara uma diferença entre as duas abordagens. Apesar de que ambas as rotas sejam as mais energeticamente eficientes de acordo com cada modelo, a rota resultante do modelo baseado em agentes possui uma configuração mais orgânica, natural. Isto porque ela é o resultado da movimentação individual de um agente interagindo com o mundo em seu entorno, avaliando seus próximos passos em relação a seu objetivo e as possíveis escolhas do mundo que o cerca. Na rota produzida em geoprocessamento, temos linhas retas, bastante diretas. Que demonstram uma tendência geral de orientação de rotas possíveis entre os pontos. Ambas as rotas levam em consideração que o viajante possui um conhecimento completo sobre todos os detalhes da paisagem, optando apenas pelos melhores locais para caminhar, porém os resultados são bastante característicos das questões inerentes à cada método de modelagem.

Neste comparativo de modelos realizamos também uma breve análise estatística das duas rotas. Cada trajetória resultante do modelo baseado em agentes é composta por uma série de pontos localizados à 150 metros de distância, que foram convertidos para linhas utilizando a ferramenta *Points to Line* do ArcGIS 10.5. Com a rota resultante da análise LCA feita em geoprocessamento fizemos uma etapa inversa, produzindo pontos a partir da linha em uma frequência de um ponto a cada 150 metros. Todos esses pontos foram utilizados como base para obtenção de valores através de uma amostragem em SIG do arquivo *raster* de custo energético. Para comparar ambas as rotas foram selecionadas uma amostra aleatória sem repetições de 200 pontos de cada uma das rotas, entretanto é importante ressaltar que o teste de Shapiro-Wilk indicou que as amostras não seguem uma distribuição normal. Cada observação apresenta o custo energético de um ponto. Na Tabela 7 apresentamos os valores obtidos para uma análise estatística descritiva simples.

	Rota ABM	Rota LCA
Média	4,587939698	3,773869347
Mediana	3	3
Variância	33,7699048	11,35087498
Desvio Padrão	5,811187899	3,369105961
Erro Padrão	0,410913037	0,238231767

Apesar de que a variância e o erro padrão sejam bastante distintos em ambas as rotas, vemos que a média e a mediana dos custos energéticos são bastante similares. Isto

porque as duas rotas tomam caminhos muito semelhantes até o destino final. O que podemos concluir a partir destes experimentos realizados é que as características da modelagem baseada em agentes para uma análise de mobilidade de menor custo possibilitam um aprofundamento da técnica. A capacidade de incluir elementos que influenciam o deslocamento humano no espaço que existem na escala do indivíduo, que acabam sendo deixados de lado nas formas tradicionais de análise, permite com que a modelagem baseada em agentes resulte em propostas menos artificiais do que as rotas produzidas na técnica de LCA em geoprocessamento.

Há diferentes formas de se calcular a superfície de custo em análises de mobilidade na paisagem (Herzog 2020). Cada algoritmo privilegia algum aspecto em especial que considere de maior influência no deslocamento humano na paisagem. Como forma de comparar estes algoritmos realizamos um exercício final (Figura 18) simulando a mesma rota em diferentes superfícies de custo, utilizando três algoritmos de mobilidade e deslocamento (Tobler 1993; Garmy *et al.* 2005; Márquez-Pérez *et al.* 2017).

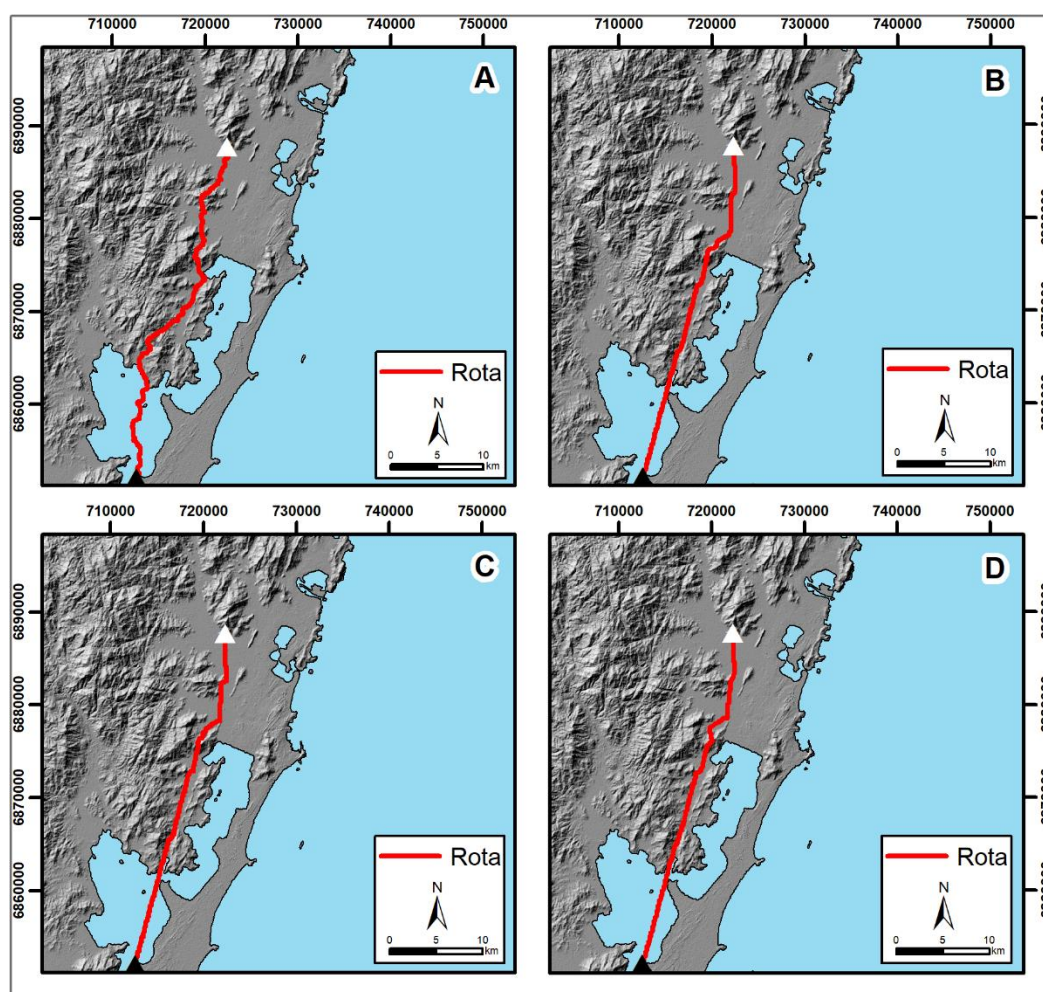


Figura 18 - Comparação de diferentes cálculos de superfície de custo. A) Bell e Lock (2000) B) Tobler (1993). C) Márquez-Pérez *et al.* (2017). D) Garmy *et al.* (2005).

Os resultados da Figura 18 demonstram quatro situações da mesma rota entre o sítio do Sambaqui Cabeçada, na região de Laguna, destacado em preto e num destino na região do Rio D'Una, sinalizado em branco. Os algoritmos de cálculo de rota se baseiam principalmente na declividade relativa à direção em que o agente percorre o espaço e, por consequência, a velocidade obtida neste deslocamento. Ao compararmos as rotas, vemos uma enorme semelhança entre as rotas, porém o que esperamos demonstrar com este exercício é a possibilidade de implementação de diferentes níveis de interatividade nos modelos baseados em agentes. Através de um seletor no menu inicial, o usuário consegue visualizar quatro situações distintas, comparando algoritmos conhecidos na literatura arqueológica sobre o assunto.

Os resultados apresentados aqui ressoam com as conclusões obtidas em outras publicações (O'Brien & Bergh 2016; Gravel-Miguel & Wren 2018), no sentido que a modelagem baseada em agentes resulta em rotas construídas pelos agentes, de baixo para cima. Assim como destacam Gravel-Miguel e Wren (2018), as rotas advindas de modelos baseados em agentes representam a mobilidade humana de forma mais fiel à realidade do que modelos tradicionais. Em um resultado arqueológico, para além do desenvolvimento da técnica, vemos como os povos sambaquianos podem ter interagido com a paisagem regional, utilizando a lagoa como foco de circulação de pessoas e atividades econômicas. Há uma importância grande também no deslocamento terrestre, que pode ter ocorrido preferencialmente nas áreas mais planas. Denota-se também a importância da área entre montanhas na porção oeste da Lagoa Mirim, onde hoje passa a rodovia SC-437. Essa área se constitui como um corredor natural de passagem entre diferentes partes do território. Através da modelagem de rotas podemos pensar em diferentes locais de interesse para pesquisas futuras de prospecção de novos sítios, bem como locais que podem ter sido importantes áreas do território sambaquiano.

6.2. TERRITÓRIO SAMBAQUIANO NA LONGA DURAÇÃO, MODELAGEM DA ARTICULAÇÃO ENTRE COMUNIDADES

O território sambaquiano no litoral sul de Santa Catarina aparenta ser estruturado de maneira heterárquica, cujas comunidades se estabelecem de forma articulada e igualitária ao redor das lagoas compartilhando os recursos destes ambientes (DeBlasis *et al.* 2007, 2021; Toso *et al.* 2021; Scheel-Ybert *et al.* 2022). Corroborando com este modelo temos as análises de distribuição dos sítios no espaço, que demonstram a distribuição regular dos sambaquis em conjuntos aglomerados ao longo de todas as lagoas

(Kneip & Mello 2018; Kozlowski *et al.* 2022) e também as poucas evidências de violência entre grupos (Okumura & Eggers 2005; Lessa & Scherer 2008). Neste tópico iremos explorar um outro aspecto desta estrutura: a articulação entre as comunidades de forma heterárquica e igualitária. Para isso vamos testar diferentes cenários em um modelo baseado em agentes que representa a ocupação sambaquiana na região, cujo processo de construção foi descrito no capítulo anterior.

No modelo de comunidades sambaquianas cada agente representa o centro de uma comunidade sambaquiana. Devido à escala de análise do mundo virtual, cada célula equivale a um quadrado de 300 metros de lado, ou seja, 90 mil metros quadrados. Para além disto, cada agente conta com uma área ao seu redor representando uma área de ação. Essa área no entorno é demarcada no modelo a partir da distância média entre os sambaquis reais (1078 metros), que corresponde aproximadamente a 3 células no modelo. Tendo em vista que não é possível afirmar que as populações sambaquianas faziam suas habitações diretamente sobre os sambaquis, usamos toda esta área de entorno dos agentes como a unidade espacial que comporta o local de ocupação de uma comunidade sambaquiana.

Devemos ressaltar que o interesse de nosso modelo não é representar especificamente áreas de localização de sambaquis, mas observar as dinâmicas e interações que possam ter ocorrido entre diferentes comunidades. Entretanto, devido à falta de informações precisas sobre produtividade de diferentes recursos no passado para a área de pesquisa, utilizamos um modelo preditivo de localização de sítios como um *proxy* para determinar áreas de maior ou menor produtividade, que podem ter sido utilizadas pelas populações sambaquianas.

Cada ciclo de simulação possui cinco etapas sequenciais, executadas por todos os agentes na simulação: a produção de recursos, dependente de uma interação dos agentes com o ambiente, a execução ou não de uma estratégia de troca, o consumo de recursos, a possibilidade de desmembramento em novas comunidades e a possível remoção de comunidades da simulação. A produção e consumo de recursos é baseada em uma avaliação da área no entorno do agente e na disponibilidade de recursos existentes em cada comunidade, respectivamente. A estocasticidade na produção e consumo é uma forma de reproduzir possíveis variações na produtividade e consumo que podem ter ocorrido. A etapa de desmembramento e consequente criação de novas comunidades, bem como a remoção de agentes que não alcancem o mínimo de recursos é uma forma de simular o crescimento vegetativo da sociedade sambaquiana na área de pesquisa.

O aspecto fundamental deste modelo é a capacidade de interação entre agentes para obtenção de recursos, as trocas. Na literatura (Clastres 2017; Mauss 2017) podemos encontrar vários exemplos sobre o importante papel que as trocas, muitas vezes na forma de presentes, têm em diferentes sociedades. Mauss (2017), em seu ensaio sobre a dádiva, ao discorrer sobre as trocas em diferentes sociedades, demonstra a importância social em dar, receber e retribuir. As trocas são parte essencial da vida social de diferentes populações humanas e ajudam a estruturar diferentes dinâmicas das sociedades. Um aspecto importante para a manutenção do poder e autoridade dos chefes é justamente o constante ato de generosidade, segundo Clastres (2017). Ao interpretar a sociedade sambaquiiana em nossa área de pesquisa a partir da perspectiva de um sistema igualitário e heterárquico, entendemos que as dinâmicas entre as comunidades foram essenciais na estrutura social sambaquiiana.

Em nosso modelo nos baseamos no esquema de reciprocidade descrito por Sahlins e Graeber (2017) para construir interações entre agentes. Este tipo de reciprocidade foi aplicado por Crabtree (2015) e Romanowska *et al.* (2021) para criar um modelo genérico de interações de troca entre indivíduos, cujo algoritmo foi adaptado para o nosso estudo de caso. Dentre as formas de reciprocidade discutidas por Sahlins e Graeber, neste modelo foram aplicados dois algoritmos que simulam a reciprocidade generalizada e a reciprocidade balanceada. Segundo Sahlins e Graeber (2017: 176), a reciprocidade generalizada, dentro de um espectro de altruísmo, é o extremo da solidariedade. Nesta dinâmica não há a expectativa de devolução ou retribuição do que é dado, além disso a ausência da retribuição não impede a ocorrência de atos futuros de doação. Esse tipo de reciprocidade está presente nos círculos de parentesco mais próximos e também nas obrigações dos chefes. Em nosso modelo este tipo de reciprocidade ocorre apenas entre comunidades que possuem uma conexão que é criada quando uma comunidade se divide em outra ou então é pré-estabelecida no início da simulação com o intuito de simular estas relações de parentesco. A reciprocidade balanceada, conforme discutem Sahlins e Graeber (2017: 176), é uma troca direta, isto é, uma interação de trocas onde a retribuição é desejada e esperada. A não retribuição de uma troca afeta negativamente as relações sociais entre as partes. Segundo os autores na reciprocidade generalizada o fluxo material das trocas ocorre apenas por causa das relações sociais, na reciprocidade balanceada as relações sociais dependem do fluxo material (Sahlins & Graeber 2017: 177). Em nosso modelo, utilizando as dinâmicas apresentadas por Crabtree (2015) e Romanowska *et al.* (2021) o algoritmo da reciprocidade balanceada utiliza um

sistema de reputação, que é afetado negativamente quando a retribuição de uma troca não ocorre, simulando os efeitos negativos nas relações sociais em que a recíproca da troca não é verdadeira. Uma terceira dinâmica de reciprocidade apresentada por Sahlins e Graeber (2017: 177) é a reciprocidade negativa. Esta dinâmica corresponde ao inverso da solidariedade presente na reciprocidade generalizada, isto é, uma das partes tenta obter uma vantagem em cima da troca em detrimento da outra. Este tipo de reciprocidade segundo os autores, por ser a mais impessoal de todas, ocorre entre partes distantes umas das outras, para além de qualquer possível relação de parentesco. Em nosso modelo essa dinâmica de reciprocidade não é considerada pois nosso modelo não engloba o possível contato interétnico que possa ter ocorrido ao longo da história da sociedade sambaquiana com demais populações indígenas que habitaram a região.

Para compreender os diferentes efeitos causados pelas dinâmicas de reciprocidade na construção do território sambaquiano no litoral sul, iremos apresentar os resultados de cenários elaborados a partir da variação de valores de variáveis¹⁷. O primeiro cenário, estimando o crescimento vegetativo utiliza um valor fixo de *seed* (886658262), os demais cenários para estimar a correlação entre a probabilidade de cooperação e resultados finais do número de comunidades, e estatísticas resumidas de número de recursos utilizam *seeds* variáveis com dez repetições em cada parâmetro.

Os parâmetros das variáveis de crescimento e mortalidade dos agentes para os cenários correspondem ao crescimento vegetativo das populações simuladas, considerando o mínimo de dois recursos para crescimento. A estimativa de valores de crescimento vegetativo (natalidade - mortalidade), é bastante difícil de ser estabelecida para populações pretéritas (Page & French 2020). Na literatura vemos diferentes valores estimados para o crescimento vegetativo destas populações, e no geral, esse crescimento é classificado como praticamente nulo (Tallavaara & Jørgensen 2020). Em nossa pesquisa não buscamos reproduzir fielmente o crescimento demográfico das populações sambaquianas, nossa necessidade principal é a construção de simulações que resultem num número adequado de agentes para avaliar o sistema como um todo. Sendo assim, testamos 100 combinações de valores para as variáveis de crescimento e mortalidade e avaliamos o total de agentes presentes ao fim da simulação (Figura 19). A partir deste teste escolhemos um valor de 3% para o crescimento e 2% para a mortalidade. Esses valores resultam num crescimento vegetativo de 1% apresentam semelhanças às

¹⁷ Todos os experimentos estão incluídos na versão final do modelo, que pode ser acessada no banco de dados digital desta tese, acessando o ambiente *BehaviorSpace* dentro do NetLogo.

estimativas etnográficas e arqueológicas (Tallavaara & Jørgensen 2020) e também são capazes de produzir uma quantidade satisfatória de agentes para a realização das demais simulações.

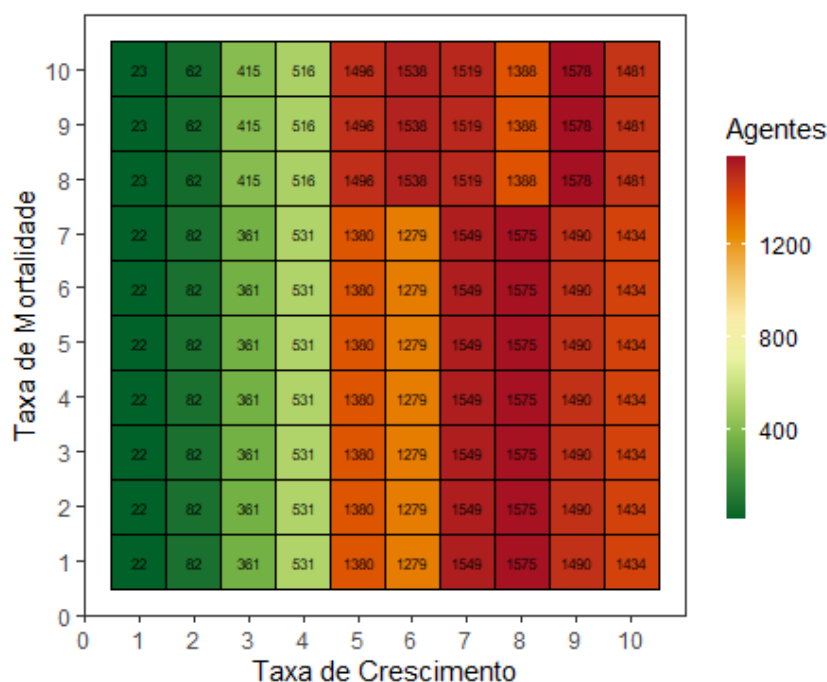


Figura 19 - Relação de agentes resultantes a partir da combinação de diferentes taxas de mortalidade e crescimento.

Foram criados três cenários distintos de diferenças da variável de probabilidade de cooperação: um em que apenas a dinâmica de reciprocidade generalizada está presente, outro em que apenas a dinâmica da reciprocidade balanceada está presente e outro em que as duas dinâmicas ocorrem simultaneamente.

Na situação em que apenas a reciprocidade generalizada ocorre representamos um cenário em que há apenas uma noção de solidariedade entre as diferentes comunidades sambaquianas, isto é, as trocas ocorrem somente por necessidade dos diferentes grupos e apenas entre grupos aparentados. Não há trocas entre comunidades que não possuam algum laço pré-estabelecido ou então criado a partir da divisão em novos grupos. Nesta situação utilizamos um parâmetro inicial em que metade das dez comunidades iniciais possuem já algum laço de parentesco pré-estabelecido. Um total de 110 iterações foram realizadas, observando ao final de cada iteração valores para: número de indivíduos, soma de recursos, média dos recursos e desvio padrão. Com estes dados realizamos testes estatísticos de correlação de Pearson utilizando o pacote *stat* do R (R Core Team 2022) (Tabela 8).

A análise da Tabela 8 demonstra que não há correlação entre o número de comunidades e a probabilidade de cooperação, também não há uma correlação entre o total de recursos e a probabilidade de cooperação. A partir disso podemos afirmar que no modelo a cooperação entre os agentes não interfere na produtividade dos mesmos e nem nas chances de criação de novos agentes na simulação. Entretanto, há uma correlação forte entre a soma de recursos e o desvio padrão quando comparados com a probabilidade de cooperação. Os resultados destas duas correlações, apresentado nos gráficos da Figura 20, demonstram que há uma correlação negativa entre essas variáveis. Esta correlação negativa pode ser traduzida na afirmação de que quanto maior a cooperação entre indivíduos, há uma menor quantidade de recursos no geral, mas a desigualdade entre as comunidades (medida no desvio padrão) é menor. Em um cenário idealizado em que os grupos sambaquianos façam trocas apenas com seus parentes, é necessário que exista um alto nível de cooperação entre comunidades para manter uma distribuição igualitária na sociedade.

Tabela 8 - Teste de correlação para variação da probabilidade de cooperação - Reciprocidade Generalizada

Variável	t	GL	p-valor	Correlação
Número de comunidades	-1,6655	108	9,8710E-02 ^{ns}	-0,1582
Soma de recursos	-2,1696	108	3,2230E-02**	-0,2044
Média de recursos	-1,9820	108	5,0020E-02 ^{ns}	-0,1873
Desvio padrão	-2,0536	108	4,2430E-02**	-0,1939
Média/Desvio Padrão	11,4570	108	2,2000E-16**	0,7407

^{ns} não significativo

** significativo a 95%

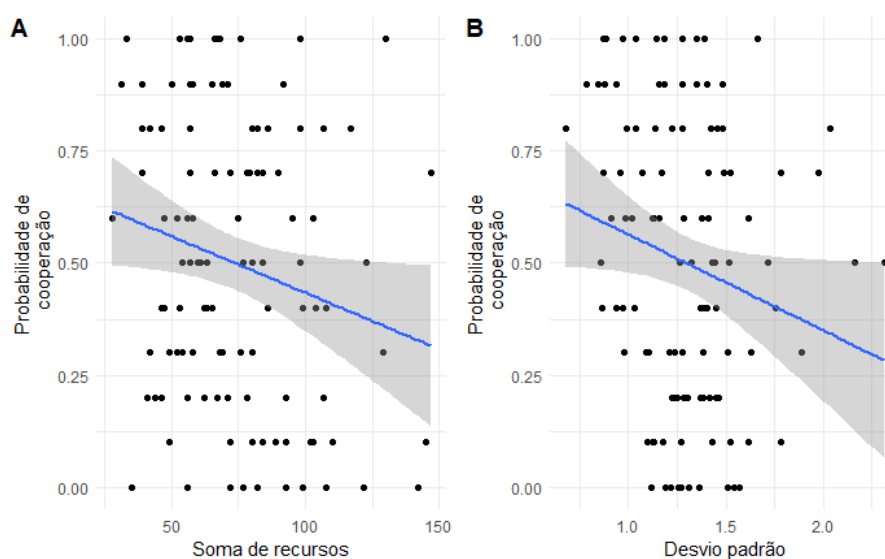


Figura 20 - Gráficos de correlação para a reciprocidade generalizada. Área cinza corresponde ao intervalo de confiança de 95%. A) Cooperação X Soma. B) Cooperação X Desvio Padrão

O segundo cenário a ser testado é o da ocorrência de trocas baseadas apenas na reciprocidade balanceada. Utilizando os mesmos parâmetros, foram executadas 110 iterações variando a probabilidade de cooperação. Ao realizarmos os mesmos testes de correlação feitos para a reciprocidade generalizada obtivemos correlações para o número de comunidades, a soma, média e o desvio padrão (Tabela 9). Porém estas correlações são distintas das correlações realizadas no modelo de reciprocidade generalizada.

Tabela 9 - Teste de correlação para variação da probabilidade de cooperação - Reciprocidade Balanceada

Variável	t	GL	p-valor	Correlação
Número de comunidades	-5,0148	108	2,0960E-06**	-0,4346
Soma de recursos	-4,5546	108	1,3850E-05**	-0,4014
Média de recursos	0,9817	108	3,2840E-01**	0,0940
Desvio padrão	6,0884	108	1,7770E-08**	0,5055
Média/Desvio Padrão	15,8370	108	2,2000E-16**	0,8361

^{ns} não significativo

** significativo a 95%

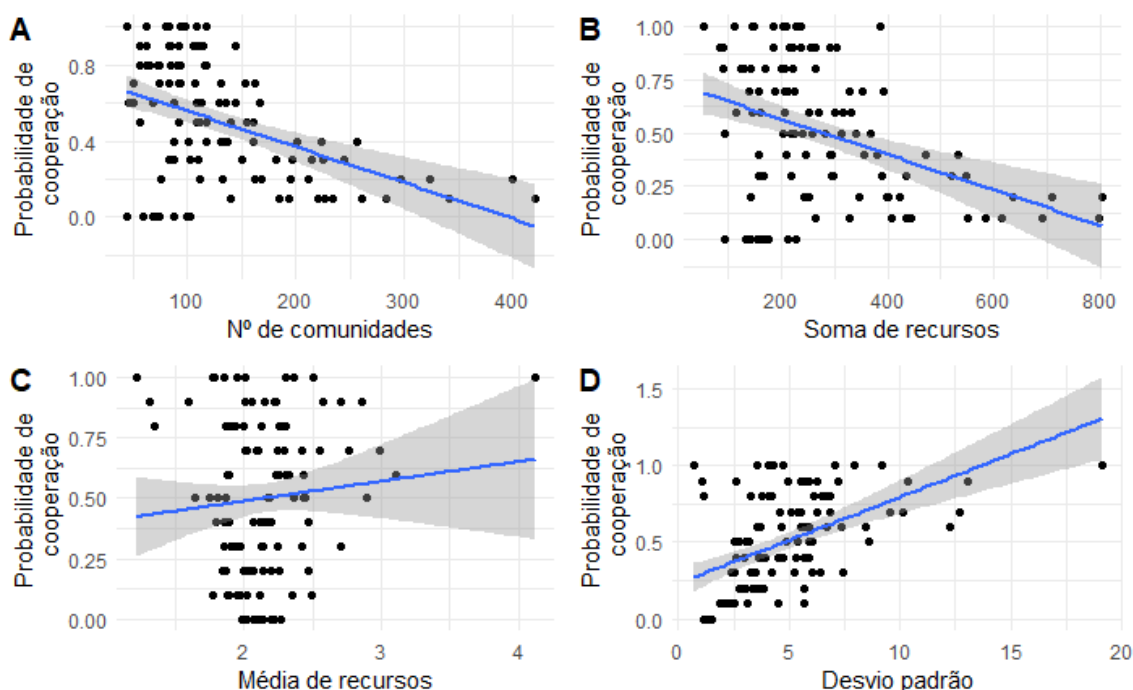


Figura 21 - Correlação da reciprocidade balanceada entre cooperação e o desvio padrão. A linha colorida demonstra a tendência do comportamento. Área cinza corresponde ao intervalo de confiança de 95%. A) Cooperação X Número de comunidades. B) Cooperação x Soma. C) Cooperação x Média. D) Cooperação x Desvio Padrão.

Nos gráficos da Figura 21 vemos que há uma correlação negativa entre o número de comunidades e a probabilidade de cooperação, isto é, quanto menor a cooperação maior o número de comunidades. Isso está relacionado com o fato de que ao longo das simulações a ausência de um mecanismo de trocas balanceadas, isto é, que criam um

sistema de retribuição, os agentes conseguem acumular mais recursos e possuem mais chances de criar novas comunidades a cada ciclo de simulação. Assim como no modelo de trocas generalizadas há uma correlação negativa entre a probabilidade de cooperação e a soma de recursos. Isto ocorre porque os agentes em um sistema mais individualista produzem muitos recursos que não são compartilhados com os demais agentes. Há também uma correlação positiva obtida tanto para a média como para o desvio-padrão. Isso se traduz no fato de que em maiores taxas de realização do sistema de reciprocidade balanceada maiores sejam as médias de recursos e também maior seja o desvio-padrão observado. Essa estatística do desvio-padrão representa, portanto, que há uma maior desigualdade na distribuição de recursos da sociedade. Apesar de parecer contraintuitivo pensar que quanto mais cooperação há entre os indivíduos mais desiguais eles se tornam, isso pode ser facilmente explicado através da compreensão do funcionamento do algoritmo de reciprocidade balanceada. O aumento da probabilidade de cooperação entre os agentes faz com que eles sejam cada vez mais obrigados a participar deste jogo de trocas, porém ao contrário da reciprocidade generalizada onde predomina a solidariedade, neste sistema de reciprocidade há uma necessidade de retribuição entre os agentes e também está presente um sistema de reputação.

Ao final de uma simulação em que há um alto grau de cooperação, vemos a presença de alguns poucos indivíduos que possuem grande quantidade de recursos em detrimento dos outros. O sistema de reputação, que regula a facilidade com que um indivíduo possa pedir recursos para outros, faz com que aqueles agentes que possuam uma grande lista de credores sejam incapazes de manter os seus recursos para si já que assim que há um excedente na produção eles devem pagar os credores. Essa situação reproduz, portanto, o fato de que a estrutura social num sistema de reciprocidade balanceada é sustentada pelo fluxo material das trocas (Sahlins & Graeber 2017: 177).

Uma outra situação interessante ocorre quando observamos os impactos de um turno de baixa produtividade. Para uma comunidade de baixa reputação, a baixa produtividade só possui efeitos negativos, isto é, essa comunidade será novamente incapaz de produzir o que precisa para si e para retribuir aos outros, mantendo sua reputação baixa por mais um ciclo. Em compensação as comunidades de alta reputação e que são grandes credores não são afetados, pois a sua baixa produtividade é compensada pelo pagamento das dívidas de outros agentes.

Tabela 10 - Teste de correlação para variação da probabilidade de cooperação - Reciprocidade Balanceada e Reciprocidade Generalizada

Variável	t	GL	p-valor	Correlação
Número de comunidades	-4,5859	108	1,2220E-05**	-0,4037
Soma de recursos	-3,7702	108	2,6650E-04**	-0,3410
Média de recursos	1,9901	108	4,9110E-02**	0,1881
Desvio padrão	7,1317	108	1,1840E-10**	0,5658
Média/Desvio Padrão	16,4460	108	2,2000E-16**	0,8454

^{ns} não significativo

** significativo a 95%

Nosso último cenário para avaliar os impactos de diferentes taxas de cooperação se trata de um cenário em que as duas dinâmicas de reciprocidade ocorrem. Para este teste utilizamos os mesmos parâmetros dos testes anteriores em 110 iterações variando os valores de probabilidade de cooperação. Importante ressaltar que em nossa simulação uma variável controla ambas as dinâmicas de reciprocidade. Os resultados deste teste ao serem submetidos às análises de correlação de Pearson, apresenta semelhança ao teste realizado para a reciprocidade balanceada (Tabela 10).

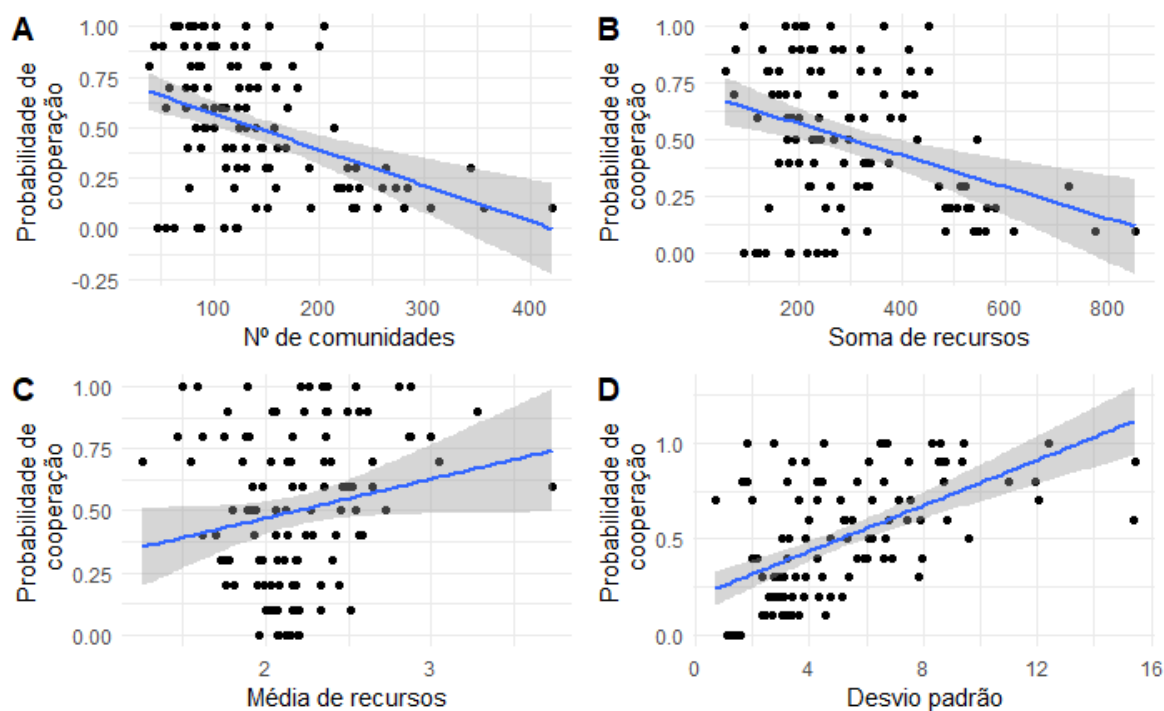


Figura 22 - Correlação da média de recursos e desvio padrão no teste de reciprocidade balanceada e generalizada. A linha colorida demonstra a tendência do comportamento. Área cinza corresponde ao intervalo de confiança de 95%. A) Cooperação X Número de comunidades. B) Cooperação x Soma. C) Cooperação x Média. D) Cooperação x Desvio Padrão.

Ao observarmos os p-valores obtidos para os testes de correlação na Tabela 10 apenas a média e desvio padrão dos recursos apresentam uma correlação positiva com a

taxa de probabilidade de cooperação enquanto que o número de comunidades e a soma de recursos apresentam uma correlação negativa com a taxa de probabilidade de cooperação em um grau de significância a 95% (Figura 22). As correlações positivas da média e desvio-padrão indicam que quanto maior a probabilidade de cooperação, maior a desigualdade existente entre os recursos dos agentes. Da mesma forma, há uma correlação negativa entre a probabilidade de cooperação e o número de comunidades e a soma de recursos indicando que o aumento da “obrigação” de participar da rede de trocas causa impactos no número de agentes criados e conseqüentemente, no total de recursos produzidos. Toda esta situação reproduz o que foi observado para o teste da reciprocidade balanceada. O que podemos compreender a partir destas análises é o fato de que a reciprocidade balanceada e seu sistema de reputação tem um impacto muito maior no conjunto geral de agentes do que apenas a reciprocidade generalizada. A reciprocidade balanceada envolve o conjunto total de indivíduos existentes na simulação, permitindo com que todos sejam capazes de fazer trocas uns com os outros, e, conforme apresentado no teste anterior, acaba ocasionando uma distribuição bastante desigual dos recursos. A reciprocidade generalizada por sua vez, envolve apenas aqueles indivíduos que possuem algum laço de parentesco que os conecte. Trata-se então de uma rede de indivíduos muito menor, cujo mecanismo de solidariedade não é capaz de amenizar todas as desigualdades existentes no sistema como um.

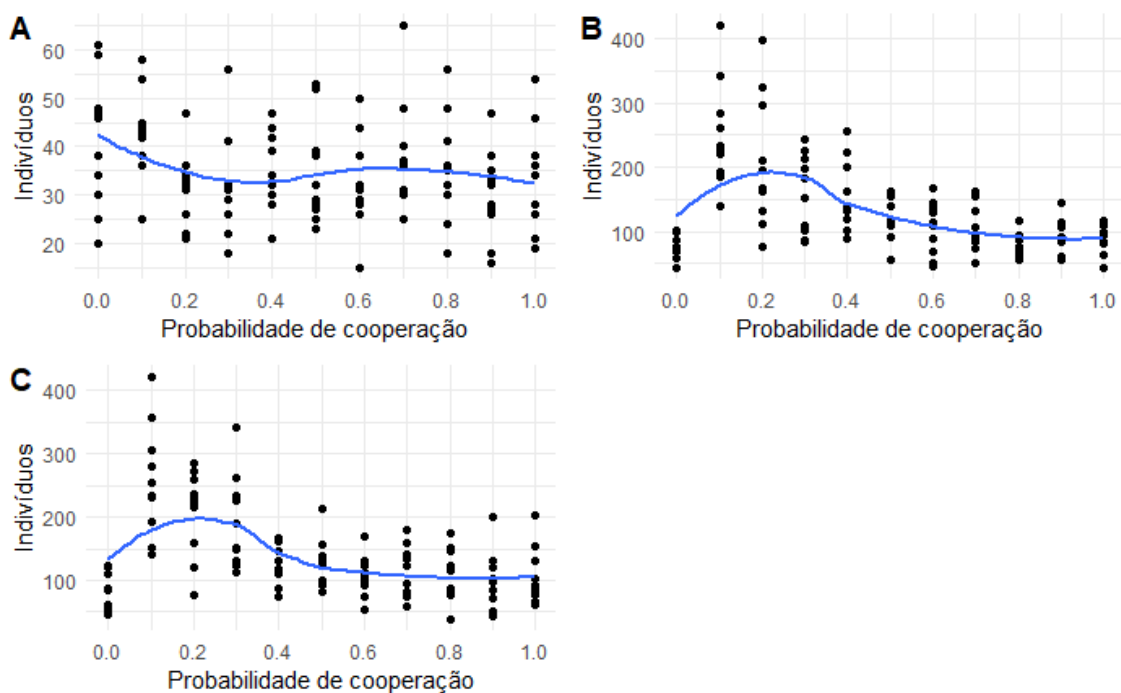


Figura 23 - Relação Indivíduos x Probabilidade de Cooperação. Linha apresenta a tendência. A) Apenas reciprocidade generalizada. B) Apenas reciprocidade balanceada. C) Reciprocidade generalizada e balanceada.

Outra situação interessante de se observar é o comportamento do número de agentes em relação às diferentes taxas de probabilidade de cooperação (Figura 23). No caso da reciprocidade generalizada (A), há uma tendência linear, levemente negativa, para a variação da taxa de probabilidade de cooperação em relação ao número de indivíduos. Valores altos para esta variável fazem com que ocorra uma diminuição do número de agentes, pois a maior distribuição de recursos faz com que os agentes tenham maior dificuldade em acumular o número mínimo de recursos para poder criar novas comunidades. No caso da reciprocidade balanceada (B), a linha de tendência é relativamente mais estável, a desigualdade causada pelo acúmulo de recursos faz com que apenas poucas comunidades sejam capazes de atingir o valor mínimo para divisão em novos agentes. Já no último teste, em que estão presentes as duas dinâmicas (C), até 20% de cooperação resulta num aumento considerável do número de indivíduos presentes ao final da simulação. Valores maiores que estes já intensificam o impacto causado pela reciprocidade balanceada na desigualdade da distribuição de recursos. Por fim, um outro ponto a ser considerado é o número total de agentes presentes ao final de cada simulação. No teste da reciprocidade generalizada o valor máximo atingido é pouco mais de 60 indivíduos, já no teste de reciprocidade balanceada os valores oscilam em média de 200 indivíduos, com um *outlier* de mais de 400 indivíduos à uma taxa de 10% de cooperação. No último teste, os agentes totais estão em média entre 100 e 200. O que podemos interpretar a partir destas informações é o fato de que a reciprocidade balanceada, apesar de causar maiores desigualdades na distribuição de recursos no sistema como um todo, acaba sendo mais bem sucedida no aumento populacional pois sua rede de conexões é muito mais ampla.

Para reproduzir alguns dos resultados aqui apresentados nos testes de cooperação de indivíduos, a versão final do modelo inclui também uma opção chamada “*lineages*”, onde quatro tipos de agentes estão presentes e são simulados ao mesmo tempo. Cada um destes tipos de agentes possui uma taxa de cooperação distinta (0%, 25%, 50% e 100%). Ao observarmos o comportamento do crescimento da população de cada uma destas linhagens específicas de agentes de acordo com a combinação da dinâmica de reciprocidade (Figura 24) notamos a repetição dos padrões verificados anteriormente.

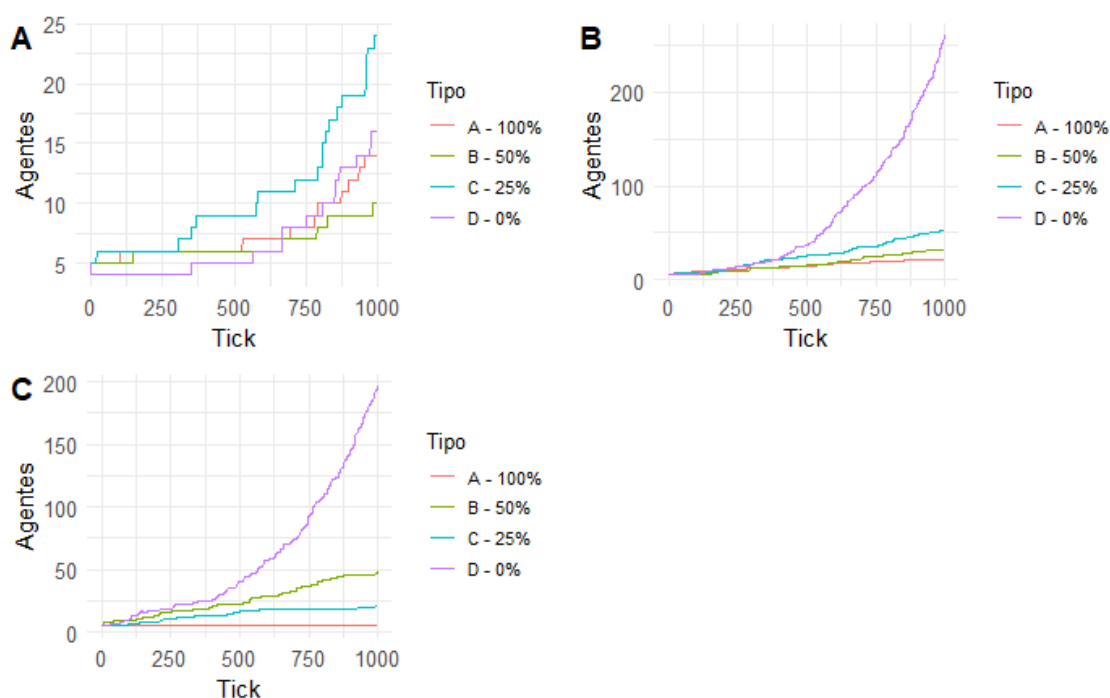


Figura 24 - Resultados do crescimento populacional de diferentes tipos de agentes no modo "lineages" aplicando combinações de reciprocidade. A) Apenas reciprocidade generalizada. B) Apenas reciprocidade balanceada. C) Reciprocidade generalizada e balanceada.

Quando avaliamos apenas a reciprocidade generalizada, que corresponde à solidariedade, o melhor resultado para o crescimento do número de agentes é sempre o mais cooperativo. Quando a reciprocidade balanceada entra em cena (B e C), a desigualdade surge e dificulta o crescimento do número de agentes que participam desta dinâmica. Por este motivo os agentes que possuem menos chances de participar das dinâmicas de reciprocidade são os que apresentam crescimento mais expressivo.

Um ponto importante de ser esclarecido em todos os cenários discutidos anteriormente tem relação com uma limitação do modelo: a ausência de procedimentos que simulam variações climáticas, variações do nível relativo do mar e pressões ambientais causadas por impacto antrópico (Scheel-Ybert & Boyadjian 2020). Conforme apresentado no capítulo anterior, ao longo da criação da heurística para construção do ciclo da modelagem, optamos por simplificar alguns aspectos do mundo real que afetam o fenômeno estudado. No modelo há apenas uma forma de simulação do impacto antrópico: a variável do raio de ocupação. O número de recursos passíveis de serem obtidos por um agente é diretamente proporcional ao número de células desocupadas dentro do seu raio de ocupação. Como padrão utilizamos 3 células de raio, que corresponde à distância média entre cada sambaqui, calculada a partir de dados empíricos. No entanto, com o intuito de explorar este impacto, realizamos 5 repetições aleatórias para cada um dos dez valores do raio de ocupação, totalizando 50 iterações. Utilizamos

um parâmetro fixo de 0,5 de probabilidade de cooperação, com ambas as dinâmicas de reciprocidade ativas. A partir de análises de correlação de Pearson obtivemos valores significativos de correlação para o raio e o número de comunidades (Tabela 11).

Tabela 11 - Teste de correlação para variação do raio de ocupação				
Variável	t	GL	p-valor	Correlação
Número de comunidades	-9,2675	48	2,8760E-12**	-0,8009

^{ns} não significativo

** significativo a 95%

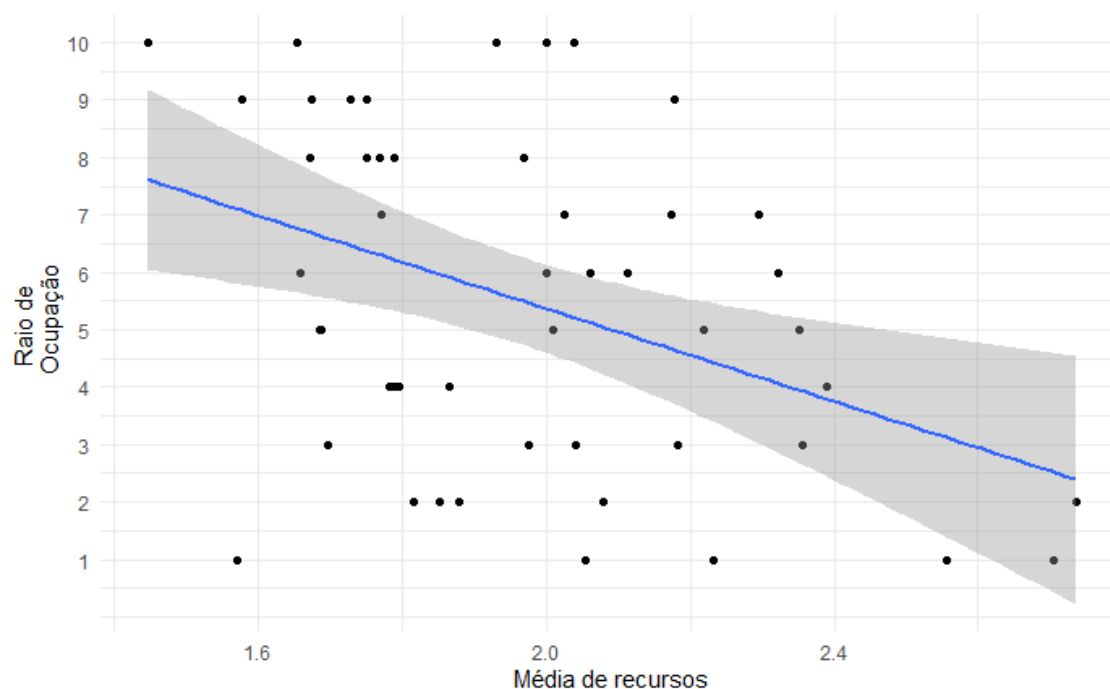


Figura 25 - Correlação entre o número de indivíduos e o raio de ocupação.

O valor negativo da correlação entre as variáveis confirma a noção apresentada de que quanto maior a área necessária para a ocupação de uma comunidade, menos comunidades existem no sistema como um todo. Como podemos observar na Figura 25, o raio de ocupação de três células, utilizado como parâmetro, ocupa uma posição intermediária.

Redes são uma maneira de se representar, através de nós e arestas, relações existentes entre diferentes partes de um sistema (Brughmans & Peeples 2020). Através da análise quantitativa destas redes podemos inferir sobre diversos aspectos de um sistema, a versatilidade e aplicabilidade do método tem resultado numa crescente adoção pela arqueologia (Collar *et al.* 2015). O modelo de dinâmicas de reciprocidade aqui apresentado representa dois tipos de conexão entre agentes: as conexões de troca de reciprocidade balanceada e as conexões familiares, originadas a partir da subdivisão de agentes. Ao final de uma simulação temos uma rede de indivíduos que se relacionam,

com as arestas representando o tipo de relação e os nós representando os agentes. Cada um dos três diferentes cenários que combinam as dinâmicas de reciprocidade apresentam redes diferentes (Figura 26).

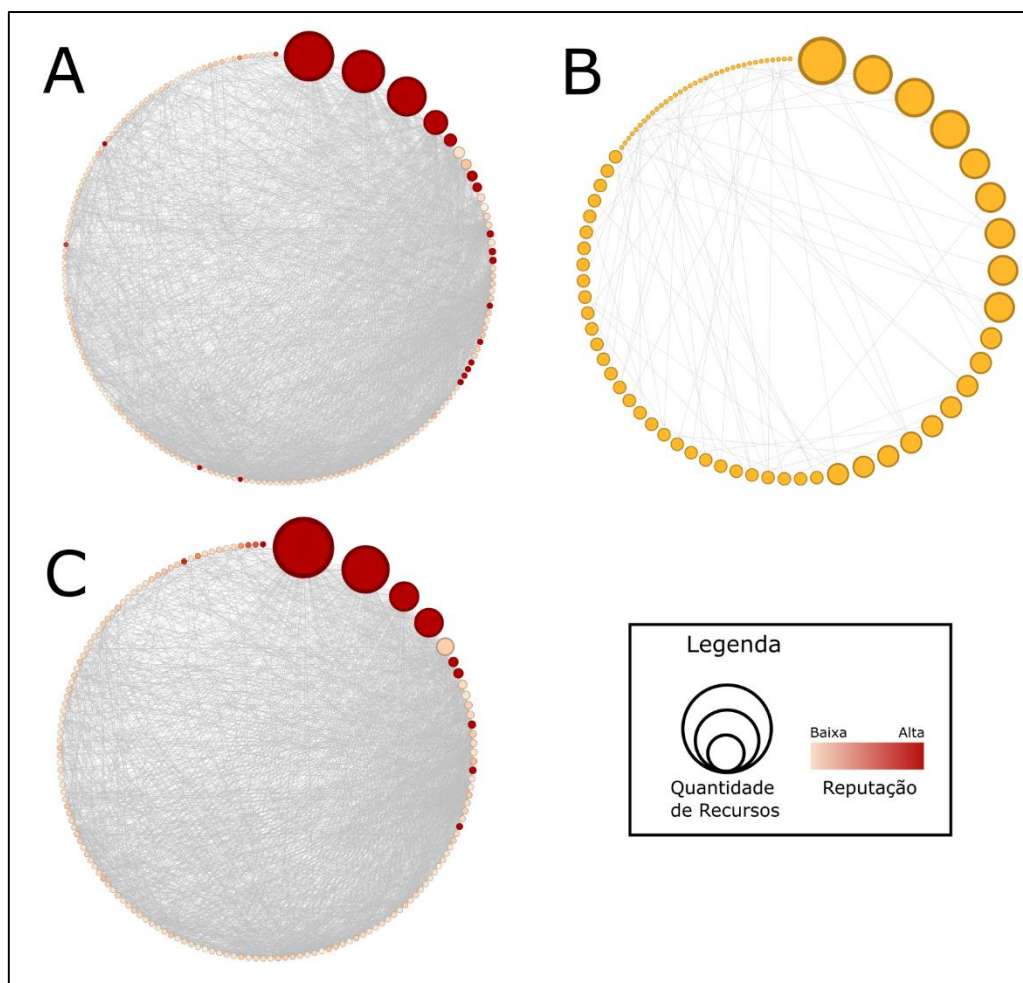


Figura 26 -Grafos ordenados das dinâmicas de reciprocidade. A) Apenas reciprocidade balanceada. B) Apenas reciprocidade generalizada. C) Reciprocidade balanceada e generalizada.

Com o uso do complemento *nw* do NetLogo, exportamos as redes criadas ao final de cada cenário para serem analisadas no *software* Gephi. Todos os cenários utilizaram um parâmetro fixo de 50% de probabilidade de cooperação, 3% de crescimento, 2% de mortalidade e um raio de ocupação de 3 células. Na Figura 26, apresentamos os resultados das redes, na forma de grafos ordenados, representando a articulação dos agentes. A primeira impressão obtida é a diferença na densidade das redes, pois os cenários em que a reciprocidade balanceada está ativa (A e C) são muito mais conectados do que o cenário em que apenas a reciprocidade generalizada está ativa (B). Isso ocorre por design do algoritmo do modelo que regula cada um destes procedimentos. Os grafos nas figuras estão ordenados em sentido horário por grau, isto é, o número de conexões que cada indivíduo possui na rede. Os tamanhos dos nós dos grafos representam

a quantidade de recursos individuais de cada um dos agentes e as diferentes tonalidades nos cenários A e C, correspondem à reputação de cada agente.

Conforme discutido anteriormente e a partir da análise dos grafos, vemos que a reciprocidade balanceada causa um grande impacto na distribuição de recursos entre os agentes do sistema. Poucos agentes concentram grande quantidade de recursos e, por consequência, acabam sendo os maiores credores e também os indivíduos de maior reputação. No caso da reciprocidade generalizada, há poucas diferenças no tamanho dos nós, o que significa que a distribuição de recursos é mais igualitária. Quando as duas situações estão presentes, as dinâmicas de reciprocidade generalizada amenizam as desigualdades do sistema. As métricas das três redes apresentadas (Tabela 12) esclarecem algumas particularidades sobre o impacto de cada uma das dinâmicas de reciprocidade.

Tabela 12 – Métricas das redes de reciprocidade

Cenário	Grau médio	Média da Centralidade de Proximidade*	Média da Centralidade de Intermediação*	Caminho médio
Reciprocidade Balanceada	26,0867	0,5212	88,3864	1,9505
Reciprocidade Generalizada	1,8795	0,3121	42,9398	4,3623
Reciprocidade Balanceada e Generalizada	25,9577	0,5372	65,3820	1,8898

*Brandes (2001)

O grau médio nos informa sobre a densidade da conexão dos nós da rede. O grau médio da dinâmica de reciprocidade balanceada é aproximadamente treze vezes maior que o grau médio da dinâmica de reciprocidade generalizada. Isso representa que a rede de indivíduos interligados pela reciprocidade balanceada é muito mais densa do que a rede de indivíduos interligados pela reciprocidade generalizada. Estes valores de grau médio representam quantitativamente a ideia da área de ação de cada dinâmica de reciprocidade conceituada por Sahlins e Graeber (2017: 181), onde a solidariedade da reciprocidade generalizada se concentra apenas na esfera social mais próxima de um grupo. Essa ideia é corroborada pelo caminho médio, que corresponde à distância média a ser percorrida entre um nó e outro, ou seja, quanto maior o caminho, menos conectada é a rede. As métricas de centralidade também são úteis para nos informar sobre a conectividade da rede e a importância dos nós dentro do sistema, sendo a intermediação

uma forma de se avaliar quantas vezes um nó serve como passagem em um caminho e a proximidade como a distância média entre um nó e todos os outros membros da rede. Os valores apresentados na Tabela 12 reforçam os argumentos do importante papel que a reciprocidade balanceada possui em interligar todos os indivíduos de um sistema. A centralidade de proximidade é mais baixa para a reciprocidade generalizada pois nesta rede há nós e conjuntos de nós isolados uns dos outros, afetando o cálculo da média.

Utilizando os parâmetros estabelecidos a partir dos testes e cenários apresentados ao longo deste capítulo, retomamos agora a discussão apresentada no Capítulo 4 onde avaliamos a distribuição espacial dos sambaquis ao longo da área de estudo. Essa avaliação da distribuição é feita através da técnica de análise de *clusters*, que podem ser usados como *proxies* para compreender a estrutura do território sambaquiano (Kneip *et al.* 2018).

As escolhas dos locais de criação de novas comunidades no modelo baseado em agentes aqui apresentado seguem um algoritmo em que o agente irá sempre buscar os melhores lugares na paisagem para construir sua comunidade. A diferenciação da qualidade da paisagem, por sua vez, é baseada num modelo preditivo indutivo de regressão logística (Verhagen 2007). Este modelo leva em consideração características ambientais como a elevação do terreno e a estrutura litológica para avaliar a probabilidade de localização de sambaquis. Esta modelagem é, por si só, bastante interessante para refletir sobre as possíveis áreas de localização de sambaquis. Principalmente em áreas onde até o presente momento ainda não se conhece nenhum sítio, mas que são apontadas como áreas prováveis pelo modelo. Neste sentido ao incorporarmos duas técnicas de modelagem em uma só, podemos aprofundar nossas interpretações sobre o território sambaquiano e sua construção tendo em vista que os agentes quando criam novas comunidades buscam sempre os melhores lugares para se instalar, reproduzindo *grosso modo* a ideia de que a ocupação do território sambaquiano inicialmente seguiu um padrão de distribuição ideal livre (DeBlasis *et al.* 2021: 13).

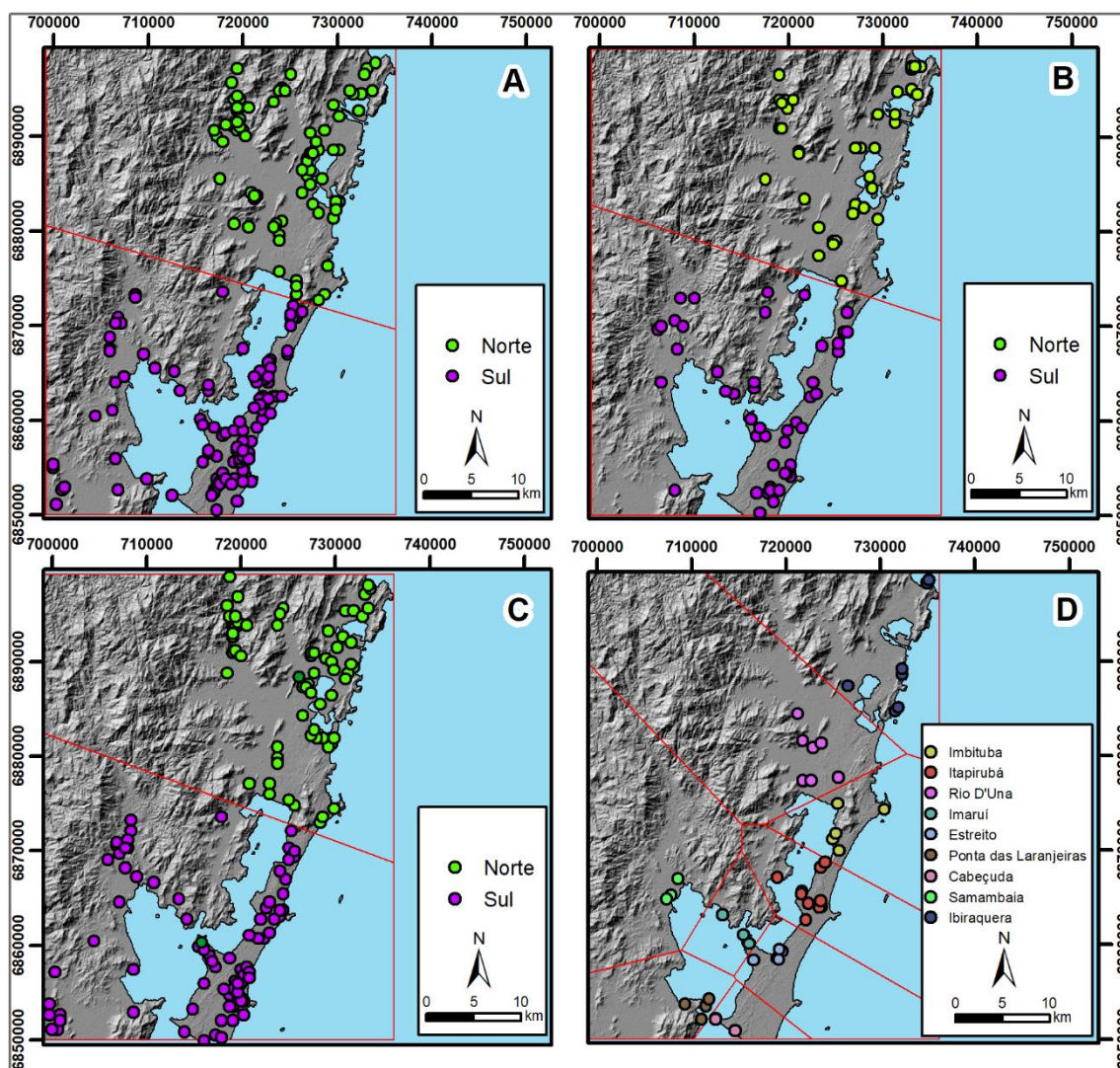


Figura 27 - *Clusters* dos diferentes cenários de reciprocidade. A) Reciprocidade balanceada. B) Reciprocidade generalizada. C) Reciprocidade balanceada e generalizada. D) Sítios da área de pesquisa. Elaborado pelo autor.

Na Figura 27 apresentamos os resultados das análises de *cluster* para cada um dos cenários de reciprocidade e também o resultado previamente discutido no Capítulo 4. A primeira constatação que se pode fazer ao analisar estes resultados é a diferença no volume de sítios gerados no modelo quando comparado à realidade. Essa diferença é explicada de várias formas: não temos dados geográficos para a localização para cerca de vinte sítios registrados na área de pesquisa; é possível que vários sambaquis tenham sido destruídos ao longo do tempo ou então ainda não sejam conhecidos; o impacto das variações do nível do mar na ocupação da região; e, por fim, o modelo é propositalmente exagerado para que possam ser observadas diferentes aspectos da interação dos agentes. Para além destas questões o que se identifica na análise dos *clusters* é que em todas as situações modeladas (A, B e C) o método de *silhouette* definiu um número ideal de dois conjuntos. Esses conjuntos são muito semelhantes, dividindo a área latitudinalmente em

duas porções. O conjunto de agentes na área sul engloba todo o perímetro das lagoas de Imaruí e Mirim, enquanto que o conjunto dos agentes na porção norte engloba todo o vale do Rio d’Una e as lagoas de Ibraquera e Garopaba. A análise de *cluster* espacializou dois grandes “territórios” para as comunidades sambaquianas criadas digitalmente divididas de acordo com a paisagem natural que ocupam: o entorno da lagoa e o vale fluvial do Rio d’Una. Paisagens distintas, porém, inevitavelmente contíguas. O rio que flui para dentro das lagoas conecta ambientes e pessoas. Reproduzimos digitalmente no modelo, a ideia discutida em capítulos anteriores de que apesar da distribuição espacial dos sambaquis evocar uma imagem de pequenas comunidades concentradas em partes do território, elas estão profundamente conectadas dentro de um sistema social amplo.

Nosso modelo ao simular o mundo sambaquiano por um período equivalente a mil anos, muito embora seja um período ainda pequeno quando comparado a toda profundidade temporal da ocupação sambaquiana, também nos permite enxergar as dinâmicas subjacentes aos indivíduos envolvidos na simulação através de uma perspectiva de longa duração. Ao comparar as interpretações feitas sobre o registro arqueológico sambaquiano com os diferentes cenários criados virtualmente no modelo baseado em agentes, podemos ver que há elementos que nos permitam fazer algumas associações sobre dinâmicas que possam ter ocorrido de maneira semelhante com a sociedade sambaquiana. O comportamento dos agentes no cenário em que há apenas a dinâmica de reciprocidade generalizada regulando as interações de trocas entre indivíduos, resulta em um padrão igualitário de distribuição de recursos entre todos os agentes envolvidos na simulação. Também vemos a partir da análise das redes que no cenário de reciprocidade generalizada há a formação de conjuntos que correspondem aos agentes e seus descendentes, cujos laços são uma segurança para manutenção e sobrevivência da comunidade com a partilha de recursos. A importância dos laços familiares evoca a analogia etnográfica feita por DeBlasis *et al.* (2021: 16) sobre as comunidades tradicionais pesqueiras atuais cuja articulação coletiva para a exploração dos recursos aquáticos é baseada em laços de parentesco e vizinhança.

A partir destas simulações podemos sugerir que é possível, portanto, que um sistema de solidariedade semelhante às dinâmicas de reciprocidade generalizada descritas por Sahlins e Graeber (2017) estivesse presente e articulasse as comunidades sambaquianas. Para a confirmação desta hipótese, no entanto, é necessário realizar mais trabalhos e pesquisas analisando o registro arqueológico material dos sambaquis. Uma outra consideração a ser feita ao compararmos os resultados das simulações com os dados

empíricos é que não há ainda indícios que nos permitam afirmar que concomitantemente à esta dinâmica de reciprocidade generalizada estivesse ocorrendo uma dinâmica de reciprocidade balanceada, já que conforme observado no modelo, na longa duração estas dinâmicas podem ser estimuladoras da desigualdade e hierarquização da sociedade. A ideia de uma reciprocidade generalizada como um limitador da diferenciação de indivíduos pelo acúmulo de recursos também é condizente com os registros etnográficos para diversas populações indígenas sul-americanas que estabelecem normas sociais limitadoras semelhantes, principalmente no que diz respeito das funções de chefia e poder que envolvem a redistribuição de recursos e o exercício da autoridade (Clastres 2017).

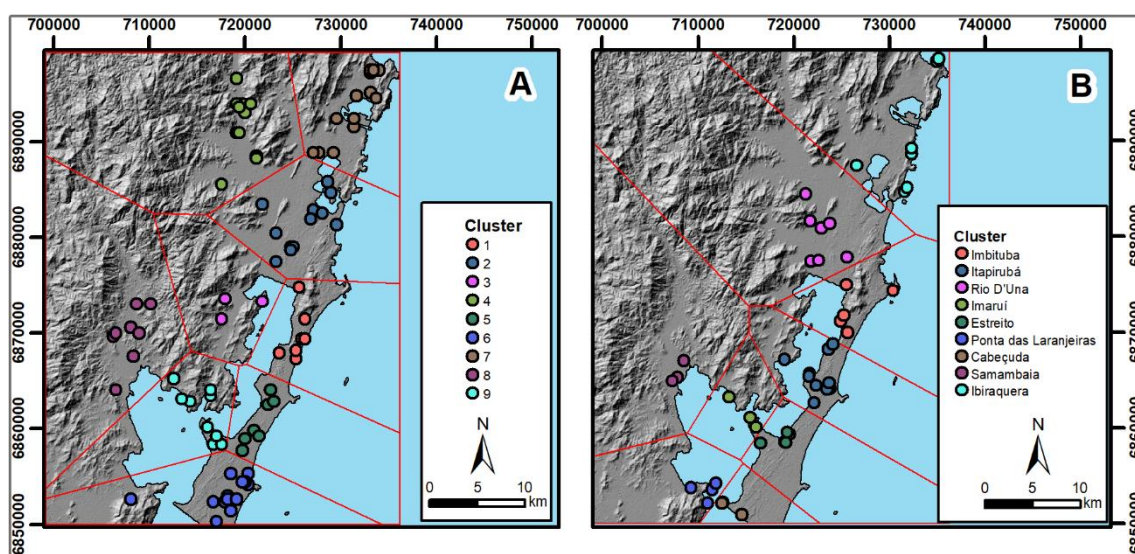


Figura 28 - Comparativo de *clusters* para o modelo e os sítios da área. A) Modelo. B) Sambaquis. Elaborado pelo autor.

O modelo matemático de *silhouette* para definição de *clusters* identificou um número ideal de dois conjuntos para os sambaquis virtuais do modelo (Figura 28). Entretanto, quando delimitamos um número de nove conjuntos tal qual o modelo empírico produzido no capítulo 4, vemos que há uma grande similaridade na forma de distribuição dos polígonos de Thiessen-Voronoi ao longo da área de pesquisa. O padrão de subdivisão das lagoas e da área de planície fluvial repete-se, estando presente até mesmo a divisão do *cluster* na área ao sul onde hoje é o município de Laguna que se conecta com o mapeamento feito por Kneip *et al.* (2018).

A partir do modelo pudemos apresentar e testar diferentes cenários de interação entre agentes que representam comunidades sambaquianas. A visualização e análise dos resultados de cada cenário nos permite inferir que é possível que uma dinâmica de reciprocidade generalizada, que numa escala de altruísmo está na ponta extrema da solidariedade entre indivíduos (Sahlins & Graeber 2017), pode ser considerada como uma

forma de interação social que ocorreu entre as comunidades da sociedade sambaquiana. A distribuição igualitária apresentada aqui pode também ser uma outra forma de se representar uma produção coletiva de recursos que é proposta para a sociedade sambaquiana (Toso *et al.* 2021). Essa afirmação se faz possível visto que o padrão de distribuição igualitária e o crescimento contido de maneira heterárquica reproduzidos no modelo condizem com os padrões empíricos observados e com os modelos teóricos propostos para a sociedade sambaquiana. A reciprocidade generalizada é uma interação econômica totalmente dependente das estruturas sociais, principalmente laços familiares existentes entre indivíduos. Para além disso, a reciprocidade generalizada, conforme discutem Sahlins e Graeber (2017) apresenta uma limitação espacial, isto é, há um alcance máximo de distância física em que estas relações de interação acontecem. Podemos pensar que neste recorte regional do litoral sul, nas áreas do complexo lagunar, há uma rede de reciprocidade solidária. Porém esta rede não se estende de forma geral por todas as áreas de ocupação sambaquiana no litoral brasileiro. É possível pensar na hipótese de que existam núcleos regionais onde estão presentes estas dinâmicas de solidariedade, mas que em uma escala macrorregional existiram outras dinâmicas de interação, sociabilidade e trocas que não podem ser caracterizadas a partir da ideia de reciprocidade generalizada.

No modelo, ao longo de mil anos de duração, não há nada que desagregue ou interfira na estabilidade econômica da sociedade repetindo um padrão longo de estabilidade verificado no registro arqueológico sambaquiano. O longo período de estabilidade sambaquiano é transformado a partir de aproximadamente 2000 anos AP, verificado a partir de mudanças no registro arqueológico e que podem estar relacionadas com a chegada de populações ceramistas Jê vindas do planalto. Essas transformações na sociedade sambaquiana, como por exemplo as mudanças dos padrões de residência, podem ter também transformado as dinâmicas econômicas de troca entre sítios, marcando possivelmente também o fim das dinâmicas de reciprocidade generalizada que estruturavam a sociedade sambaquiana. Essas questões fogem do escopo do modelo aqui discutido, todavia o ciclo de modelagem e sua lógica dialética permitem que elas sejam exploradas com a expansão dos procedimentos e com a implementação de elementos que simulem o que pode acontecer com um sistema de reciprocidade generalizada com a chegada de elementos externos disruptivos.

6.3. SÍNTESE

Os modelos baseados em agentes produzidos para esta pesquisa envolvem diferentes escalas de abordagem de elementos do mundo sambaquiano. O primeiro modelo discutido trata da mobilidade dos indivíduos na área de pesquisa. Através da definição de pontos de partida e destino no mundo virtual, é possível simular diferentes rotas possíveis com a variação de parâmetros de campo de visão individual do viajante e também na otimização das decisões de locomoção. Neste capítulo apresentamos com uma série de testes a diversidade de rotas possíveis entre dois pontos a partir da variação dos parâmetros.

O modelo de mobilidade apresentado corresponde à uma análise de caminhos de menor custo energético (White 2015) aplicada a partir da técnica de modelagem baseada em agentes. A análise de menor custo é tradicionalmente aplicada a partir do uso de *softwares* de geoprocessamento, onde a rota resultante é uma representação do máximo de eficiência energética. Entretanto, nem sempre as rotas e caminhos feitos pelos seres humanos são totalmente eficientes energeticamente. Há uma série de elementos subjetivos que estão envolvidos no deslocamento de um indivíduo através do espaço, elementos estes que não são abrangidos pela técnica “tradicional” de análise de caminhos de menor custo energético. Neste sentido, o que pode ser demonstrado através do modelo interativo de mobilidade é que a técnica de modelagem baseada em agentes é capaz de simular a mobilidade humana na paisagem de maneira distinta dos modelos de rotas feitas em *softwares* de geoprocessamento. Isso não significa, entretanto, que os modelos de mobilidade produzidos em ambientes SIG devam ser abandonados em favor do uso dos modelos baseados em agentes, mas que essa abordagem pode ser um novo elemento na “caixa de ferramentas” dos métodos de análise espacial arqueológica.

O segundo modelo apresentado neste capítulo trata das interações entre comunidades sambaquianas e da organização social das mesmas a partir da análise de dinâmicas de trocas entre comunidades. Utilizando as dinâmicas de reciprocidade generalizada e balanceada, descritas por Sahlins e Graeber (2017), foram realizados testes para verificar os efeitos destas dinâmicas no comportamento da simulação em longa duração. A dinâmica de reciprocidade balanceada, baseada na necessidade de retribuição das trocas e calcada em um sistema de reputação que rege a probabilidade de aceitação das trocas, apresentou ao final de cada simulação um efeito de criação de desigualdade na distribuição de recursos entre as comunidades. A dinâmica de reciprocidade generalizada, por sua vez, teve um efeito contrário. Ao final da simulação verifica-se que

há uma distribuição mais igualitária de recursos entre as comunidades e também uma distribuição espacial mais semelhante à distribuição espacial empírica dos sítios.

A distribuição igualitária de recursos a partir da dinâmica de reciprocidade generalizada pode também ser entendida como uma outra forma de se representar a produção coletiva de recursos entre a sociedade sambaquiana. A dinâmica de reciprocidade generalizada depende de uma rede estável de organização social das comunidades envolvidas. O modelo demonstra que na longa duração há uma estabilidade na distribuição igualitária de recursos, que condiz com a sugestão de DeBlasis *et al.* (2021) para a sociedade sambaquiana como uma sociedade organizada de maneira igualitária e heterárquica. A estabilidade desse sistema seria alterada apenas com a chegada de elementos externos disruptivos alterando dinâmicas e estruturas de interação tradicionais, que não são simulados no modelo. Por fim, também podemos pensar que as estratégias de reciprocidade generalizada se concentram apenas em núcleos regionais. Em uma escala macrorregional que engloba todas as áreas ocupadas por populações sambaquianas, há outras formas de interação e sociabilidade. Isto é, não há uma produção coletiva e divisão igualitária de recursos entre comunidades sambaquianas localizadas na Lagoa de Imaruí com comunidades sambaquianas da Baía de Guaratuba no Paraná. Mas é possível que tenham ocorrido outras formas de interação entre estes locais.

7. DISCUTINDO MODELOS, NARRATIVAS E EXPLORAÇÕES

A construção das análises espaciais realizadas nesta pesquisa buscou operar dentro do conceito de território, entendido como um objeto resultante do uso antrópico cumulativo da terra e dos recursos ao longo do tempo (Zedeño 1997). Em conjunto com esta noção, também trabalhamos com a ideia de que o território como um objeto espacial socialmente construído reflete em si as dinâmicas sociais, econômicas, políticas e culturais da sociedade que o construiu (Criado-Boado 1991). Algumas destas dinâmicas deixam marcas e evidências no espaço ao longo do tempo, que podem ser acessadas através da análise do registro arqueológico. Neste sentido, trabalhando com a análise espacial do registro e a partir da ideia da modelagem como um elemento de construção narrativa, focamos nossas simulações em três aspectos do território sambaquiano: a distribuição dos sítios, a mobilidade regional e as dinâmicas econômicas entre as comunidades. Estes aspectos foram abordados a partir da construção de diferentes tipos de modelagens espaciais, como a modelagem baseada em agentes e a análise de distribuição espacial de pontos.

A primeira exploração do registro espacial arqueológico das comunidades sambaquianas está relacionado à distribuição dos sítios. Iniciamos as análises desta pesquisa com a aplicação da técnica de análise de distribuição espacial de pontos pois quando observamos os mais de 70 sítios arqueológicos plotados no mapa da área de pesquisa reconhecemos uma situação de palimpsesto do registro arqueológico. Esta abordagem inicial nos ajuda a dar sentido à distribuição espacial dos sítios arqueológicos na região. Apesar do interesse específico da pesquisa ser os sambaquis, incluímos nesta análise também os sítios Guarani – muito recorrentes na área de pesquisa. A inclusão dos sítios Guarani na análise também nos permitiu fazer algumas comparações entre as formas de distribuição destas diferentes populações e nos informa bastante sobre a diversidade das formas de apropriação e construção do espaço por sociedades distintas.

Ao observamos a distribuição espacial dos sítios arqueológicos na região notamos para o caso da sociedade sambaquiana um comportamento aglomerado em pequenos núcleos, distribuídos de maneira relativamente equilibrada ao redor das lagoas e demais ambientes naturais, como é o caso do vale do Rio d’Una. Essa observação ressoa com as propostas feitas para áreas contíguas na região do litoral sul catarinense (DeBlasis *et al.* 2007, 2021; Kneip *et al.* 2018), em que o território sambaquiano aparenta estar articulando núcleos de comunidades distribuídas ao longo das lagoas. A identificação

desta divisão territorial do espaço foi feita através da aplicação da técnica de polígonos de Thiessen-Voronoi. É interessante observarmos que ao sul de nossa área de pesquisa, na localidade onde se encontra o Sambaqui Cabeçuda, há um núcleo de sambaquis. Este mesmo núcleo de sambaquis foi apontado nos trabalhos de Kneip *et al.* (2018) ao analisar a área diretamente ao sul do recorte espacial desta tese, a região da paleobaía de Santa Marta. Ao compararmos as análises aqui apresentadas com esta análise prévia, pudemos ver uma contiguidade entre os núcleos o que possivelmente indica que há um padrão de distribuição dos sambaquis que se estende ao longo de uma grande área. Nossas análises reforçam as sugestões que vêm sendo trabalhadas para a forma de organização e articulação do território sambaquiano.

Nesta mesma análise espacial da distribuição de pontos também pudemos identificar o fato de que os sítios Guarani apresentam uma distribuição bastante distinta da observada para os sambaquis. Foram localizados dois grandes conjuntos de sítios, concentrados principalmente na região do vale do Rio d'Una, ao norte da Lagoa Mirim. A partir desta estrutura da distribuição de sítios Guarani sugerimos uma hipótese de que há indicativos de possíveis *teko'a* distintos organizados ao longo da área de estudo que possam estar ligados com áreas contíguas no litoral sul catarinense. Entretanto, a exploração desta hipótese e da organização territorial Guarani na região do complexo lagunar foge do escopo desta pesquisa. As diferenças entre as formas de distribuição dos sítios relacionados à estas populações reforça a validade do método de análise de distribuição espacial de pontos como uma forma de caracterização inicial da organização territorial de uma sociedade a partir das informações de localização do registro arqueológico.

A partir desta análise da distribuição e organização espacial dos sambaquis, nos encaminhamos para o segundo aspecto a ser explorado em relação ao território sambaquiano: a mobilidade regional. Através das dinâmicas de mobilidade de uma população podemos inferir sobre possíveis formas de integração e articulação dos diferentes ambientes naturais presentes dentro de um território. A análise de mobilidade apresentada ao longo desta pesquisa operou como um plano de fundo para uma discussão metodológica sobre a modelagem baseada em agentes.

A mobilidade é analisada na arqueologia, de forma costumeira, através do método de caminhos de menor custo (White 2015). Este método é baseado na criação de mapas que representem o nível de dificuldade de locomoção na paisagem. Estes mapas, conhecidos como superfícies de custo energético, são a base para a execução de cálculos

de rotas entre pontos. O cálculo destas rotas é executado através de algoritmos presentes em *softwares* de geoprocessamento. As rotas, como o próprio método se refere, são geradas levando em conta o menor gasto energético possível entre dois pontos. Entretanto, conforme discutido no capítulo 6, o método de caminhos de menor custo parte de uma visão dos seres humanos como *Homo economicus*, isto é, uma idealização de seres humanos totalmente racionais que tomam apenas as decisões mais energeticamente eficientes em seu deslocamento no espaço.

Em nossa análise de mobilidade apresentamos uma forma alternativa de aplicação da técnica de caminhos de menor custo para explorar a mobilidade de populações pretéritas utilizando modelos baseados em agentes. Os modelos baseados em agentes, originados na ecologia, são estruturados de forma a representar a individualidade dos elementos que compõem um sistema complexo (Railsback & Grimm 2019). Há semelhanças entre os dois métodos: ambos utilizam uma superfície de custo para diferenciar os ambientes da área de estudo e ambos partem do princípio de escolher caminhos que passem pelos locais de menor custo energético. Essas decisões são baseadas na possibilidade de o agente seguir o caminho de menor custo ou não e também nas características próprias do campo de visão de cada agente.

O modelo de mobilidade sambaquiana aqui apresentado inclui, portanto, elementos que permitem a produção de resultados variados através das decisões individuais dos agentes simulados, permitindo a obtenção de diferentes rotas a partir da manipulação de parâmetros. Ao compararmos as rotas resultantes do modelo baseado em agentes com rotas resultantes do modelo produzido através do SIG, vemos semelhanças gerais entre o caminho produzido, porém também notamos que o modelo baseado em agentes produz rotas com características diferentes do que os modelos de SIG, resultado direto da estocasticidade do comportamento dos agentes. Com isso, pudemos demonstrar a eficácia do método de modelagem baseada em agentes para analisar um fenômeno como a mobilidade, sendo capaz de representar as nuances do deslocamento humano no espaço de maneira bastante eficaz.

Um segundo objetivo que foi concluído com a criação deste modelo foi a possibilidade de demonstrar as capacidades pedagógicas da modelagem baseada em agentes (Crabtree *et al.* 2019), já que o modelo apresenta um alto grau de interatividade. Ao fazer o *download* do modelo um usuário pode manipular variáveis e criar suas próprias rotas dentro da área de pesquisa, comunicando de maneira simples as estratégias de deslocamento de populações sambaquianas ao longo do litoral sul catarinense.

O terceiro aspecto do território sambaquiano explorado nesta pesquisa está relacionado às dinâmicas econômicas das populações sambaquianas. Assim como no caso da mobilidade, esse aspecto foi abordado a partir de um modelo baseado em agentes. O modelo construído é baseado em outros modelos de dinâmicas econômicas para populações pretéritas (Clark & Crabtree 2015; Crabtree 2015; Romanowska *et al.* 2021). As dinâmicas econômicas exploradas estão relacionadas ao que Sahlins e Graeber (2017) chamam de dinâmicas de reciprocidade. Estas dinâmicas de reciprocidade são formas de interação econômica entre grupos e indivíduos a partir de um olhar do espectro da solidariedade, isto é, quanto é esperado como retribuição a partir de uma troca. Sahlins e Graeber (2017) sistematizam três níveis distintos de reciprocidade: a reciprocidade generalizada, a reciprocidade balanceada e a reciprocidade negativa. Em nosso modelo trabalhamos com as duas primeiras, referentes aos níveis máximos e intermediários de solidariedade, respectivamente. Isto porque a reciprocidade negativa corresponde à dinâmicas que visam a obtenção de vantagens em cima das trocas e estão relacionados às trocas entre grupos étnicos distintos.

Neste modelo econômico os agentes representam comunidades sambaquianas inteiras em uma escala temporal em que cada ciclo de simulação corresponde a um ano completo. Com isso podemos criar uma produção e consumo de recursos, bem como possibilidades de crescimento ou desaparecimento de comunidades. Os recursos são elementos genéricos, criados a partir de *proxies*, para representar de maneira geral as demandas de cada comunidade. A partir destas ações de produção, consumo e demanda, os agentes do modelo são afetados por diferentes dinâmicas de troca – cada uma com suas especificidades. A dinâmica de reciprocidade generalizada, que parte do princípio da máxima solidariedade, isto é, não há necessidade de retribuição do recurso ganho, é restrita apenas àqueles agentes que possuem laços pré-existentes. Estes laços pré-existentes são representações de laços de parentesco, já que esse tipo de dinâmica de reciprocidade ocorre dentro deste núcleo social (Sahlins & Graeber 2017). A dinâmica de reciprocidade balanceada, por sua vez, demanda uma retribuição de igual valor do bem trocado. Esta dinâmica pode ocorrer entre qualquer indivíduo, entretanto, a aceitação de um pedido de troca depende de um sistema de reputação relativo ao número de “dívidas” do solicitante. Conforme discutem Sahlins e Graeber (2017) na reciprocidade generalizada as trocas materiais ocorrem por causa das estruturas sociais existentes, na reciprocidade balanceada as estruturas sociais são sustentadas pelas trocas materiais.

Em nossa exploração do modelo obtivemos resultados que demonstram o impacto na longa duração de cada uma destas dinâmicas em uma sociedade, pois cada teste de mil ciclos equivale a um período de mil anos. A reciprocidade balanceada possui um efeito de hierarquização da sociedade na longa duração. Isso porque observamos um padrão onde após ciclos de baixa produtividade afetando algumas comunidades, elas se tornam cada vez mais endividadas. Essa situação faz com que em praticamente todos os turnos parte do seu excedente tenha que ser utilizado para retribuir as trocas. Os credores, portanto, ficam praticamente imunes à problemas de produtividade, pois sempre estão recebendo pagamento de empréstimos. Na longa duração emerge um padrão onde há dois ou três agentes com grandes quantidades de recursos dominando economicamente dezenas de agentes com quantidades ínfimas de recursos. A reciprocidade generalizada, por sua vez, resulta num padrão completamente oposto ao observado para a reciprocidade balanceada. Ao final dos mil ciclos de simulação temos uma divisão praticamente igualitária de recursos entre as comunidades. Não é possível identificar hierarquização alguma ocorrendo entre os agentes envolvidos no sistema.

Quando interpretamos estes resultados à luz das discussões realizadas por DeBlasis *et al.* (2021) em que os autores sugerem que a sociedade sambaquiana é marcada por uma estrutura heterárquica e igualitária, podemos inferir que é possível que uma forma de dinâmica de reciprocidade generalizada ocorresse entre os sambaquianos. Os padrões resultantes na estrutura social da sociedade sambaquiana após a modelagem de dinâmicas de solidariedade corroboram com outras interpretações (Klokler 2008, 2012, 2017a; Scheel-Ybert *et al.* 2023) de que esta população era marcada pela cooperação em detrimento à competição e concorrência.

A sociedade sambaquiana também possui um aspecto de longa estabilidade e continuidade cultural reconhecido através do seu registro arqueológico que se altera com a chegada de novos grupos étnicos na região (DeBlasis *et al.* 2014). Na simulação econômica apresentada nesta pesquisa verificamos que a dinâmica de reciprocidade generalizada mantém um padrão estável de distribuição de recursos e ausência de estruturas hierárquicas ao longo de toda a duração da simulação. É possível pensar que possivelmente com a chegada de novos grupos étnicos na região as dinâmicas econômicas de reciprocidade estabelecidas ao longo de milênios podem ser impactadas com a inserção de novas relações entre grupos étnicos distintos.

A ausência de hierarquia na sociedade sambaquiana não faz com que ela seja menos complexa do que sociedades que apresentam estruturas hierárquicas, muito pelo

contrário. São reconhecidos na literatura etnográfica vários casos de dinâmicas solidárias de trocas em populações indígenas sul-americanas como forma de estabelecimento de relações de poder entre comunidades e lideranças (Clastres 2017). Para além disso, as dinâmicas de reciprocidade generalizada em nosso modelo também podem servir para pensar sobre um importante aspecto das populações sambaquianas: a produção de recursos. Em nosso modelo trabalhamos com um algoritmo onde cada agente é responsável pela criação de seus próprios recursos a serem consumidos. Todavia, quando pensamos na existência de uma dinâmica de reciprocidade generalizada para distribuição de recursos, podemos também pensar nela como uma ampla rede de produção coletiva destes recursos. A ideia de produção coletiva de recursos também é reforçada pela própria distribuição espacial igualitária de núcleos/comunidades sambaquianas ao redor das lagoas (DeBlasis *et al.* 2007, 2021) e também de outros ambientes, como é o caso da foz do Rio d'Una. Conforme discutem Scheel-Ybert *et al.* (2023), o compartilhamento e a produção coletiva de recursos na sociedade sambaquiana também seria uma forma de reafirmação de laços e manutenção de identidade cultural destas pessoas.

É possível que as articulações coletivas das populações sambaquianas que foram sugeridas tenham certa semelhança com as articulações coletivas observadas das populações tradicionais de pescadores que atualmente vivem na região lagunar (DeBlasis *et al.* 2007; Gaspar *et al.* 2011). Apesar de não haver uma continuidade direta entre essas populações, é possível estabelecer paralelos entre o modo de vida de comunidades tradicionais pesqueiras com as comunidades sambaquianas. Neste sentido, vemos que nas comunidades atuais há uma intensa articulação para a realização das atividades pesqueiras, principalmente a pesca com rede, e também nas celebrações locais de festejos religiosos e em casamentos. Por fim, a produção coletiva de recursos pelas populações sambaquianas não deve ser pensada de maneira restrita aos recursos aquáticos, sejam da laguna ou do mar, mas também de recursos vegetais obtidos da restinga (Scheel-Ybert & Boyadjian 2020).

Conforme discutem Scheel-Ybert *et al.* (2023) ao longo das últimas décadas a literatura arqueológica apresentou grandes avanços em relação ao conhecimento e teorias sobre as populações sambaquianas. Para muito além das ideias de populações nômades coletoras de moluscos vivendo à sorte da natureza, podemos hoje reconhecer uma sociedade bastante complexa, que transformou o ambiente em que vivia e construiu um território repleto de significado. Nossa contribuição neste sentido é de propor que o território sambaquiano é também fruto de relações econômicas baseadas no

compartilhamento e na produção coletiva dos mais diversos tipos de recursos. Conforme discutido em outras publicações (Klokler 2008, 2012, 2017a; b; Gaspar *et al.* 2011; Fish *et al.* 2013; DeBlasis *et al.* 2021; Scheel-Ybert *et al.* 2023) podemos afirmar que a solidariedade, a cooperação e a produção coletiva dos recursos são elementos muito importantes para a estrutura da sociedade sambaquiana, pois o seu entrelaçamento com elementos rituais garantia a manutenção e o reforço de laços e identidades culturais. O sucesso dessa estrutura social é comprovado através da longa duração e persistência das práticas sociais destas populações por milênios de maneira estável (DeBlasis *et al.* 2007; Scheel-Ybert *et al.* 2023).

Para além de uma contribuição à arqueologia dos sambaquis, nesta pesquisa também nos propusemos a suscitar o debate e fomentar a aplicação de técnicas de análise espacial arqueológica. Fernand Braudel (1965: 293), ao discorrer sobre a modelagem, faz uma apologia em especial às abordagens espaciais ao ressaltar o importante papel do espaço como elemento onde “toda realidade social se projeta e parcialmente se explica” especialmente na longa duração. Desde os tempos de Braudel, tivemos diversos avanços nos métodos e técnicas de análise espacial, mas a sua percepção sobre o papel do espaço na compreensão de fenômenos sociais é ainda bastante atual. Dentre as técnicas de análise espacial aqui trabalhadas destacamos a modelagem baseada em agentes. Esta técnica possui um ponto positivo que a difere das demais formas de simulação pois é construída a partir de uma visão que busca dar mais agência aos indivíduos e possibilitando observar fenômenos complexos de um sistema emergirem a partir dos comportamentos individuais simulados. Além disso, a capacidade de construir modelos a fim de testar teorias, criar experimentos e também comunicar ideias de maneira interativa para o grande público faz com que a modelagem baseada em agentes seja uma ferramenta de grande valor para a pesquisa arqueológica como um todo. Ainda pouco explorada na arqueologia brasileira de maneira geral, a modelagem baseada em agentes possui inúmeras aplicações. Um dos objetivos desta pesquisa foi apresentar e auxiliar na execução de algumas dessas aplicações.

Entretanto, não podemos deixar de realizar uma avaliação crítica do método de modelagem baseada em agentes. Apesar das enormes possibilidades de aplicação deste método nas mais diversas áreas da pesquisa arqueológica, eles não são uma resposta para tudo. Isso porque os modelos, assim como qualquer outro método, não é um fim em si mesmo, os modelos não são a realidade. McGlade (2005) nos alerta para o fato de que modelos são “ferramentas para o pensamento”, nada mais do que isso. A partir desta visão

instrumental, podemos compreender o que o autor quer dizer ao afirmar que os modelos são, na verdade, uma forma de mapa que nos orientam através de territórios desconhecidos e o mapa, por mais fiel e detalhado, jamais deve ser confundido com o território real (McGlade 2014: 15).

Além disso, a modelagem como um todo pode ser entendida como uma espécie de narrativa (Godfrey-Smith 2009; McGlade 2014), isto é, como uma representação criativa de um mundo virtual imaginado. Logicamente que este mundo virtual é construído a partir de teorias e interpretações do registro arqueológico empírico, contudo ele ainda é um mundo virtual. As interpretações de qualquer tipo de modelo são, portanto, interpretações feitas sobre um mundo virtual. A compreensão da modelagem neste sentido não é limitante, muito menos indicativa de que se torna um exercício especulativo fútil, mas sim de grande liberdade. A modelagem, especialmente a modelagem baseada em agentes, possui como seu grande trunfo a possibilidade de contribuir criativamente na interpretação de problemas, acessando o desconhecido a partir do conhecido (McGlade 2005: 31).

Um outro aspecto modelagem baseada em agentes para o qual devemos estar atentos é o fato de que este método não existe num vácuo teórico. Conforme discute Zubrow (2006), as ferramentas que compõem algo que possa ser chamado de arqueologia digital, possuem um *corpus* teórico subjacente que influencia de alguma maneira em qualquer abordagem que a ferramenta possa ser aplicada. Neste sentido, vários autores (O'Sullivan & Haklay 2000; Baden & Beekman 2005; Lake 2014; McGlade 2014; Cegielski & Rogers 2016) identificam elementos característicos na modelagem baseada em agentes que demonstram as concepções teóricas subjacentes. Esse elemento é um viés para o individualismo, isto é, a modelagem baseada em agentes dá especial importância ao papel do indivíduo em detrimento de uma visão da sociedade como um todo. Conforme discutem O'Sullivan e Haklay (2000: 15), ainda que “possamos compreender o mundo através de indivíduos e redes, não devemos relegar a importância das estruturas sociais”. O que podemos concluir disso é que a modelagem deve ser informada a partir de uma teoria social, capaz de compreender o papel dos indivíduos e da sociedade. A construção de esquemas teóricos é essencial para a implementação de qualquer técnica de modelagem informatizada. As propostas teóricas trabalhadas por diversos autores (DeBlasis *et al.* 2007, 2021; Toso *et al.* 2021; Scheel-Ybert *et al.* 2022, por exemplo) acerca da sociedade sambaquiana foram utilizadas para informar e direcionar as explorações das simulações apresentadas nesta tese.

Na literatura arqueológica sobre modelos baseados em agentes temos como principal exemplo os trabalhos feitos em Long House Valley no Arizona, para as populações Anasazi, com modelos complexos e repletos de dados diversos sobre paleoclima, demografia e cronologias de grande detalhamento. Este nível de detalhamento seria o ideal para qualquer pesquisa, no entanto, somos confrontados com a realidade de que na maioria dos lugares não há disponibilidade de uma gama tão profunda de dados e informações. No entanto, é justamente pelas limitações de dados que a modelagem é uma técnica tão contundente (McGlade 2005: 5). O aspecto mais essencial dos dados é a qualidade dos mesmos, não a quantidade. McGlade (2005) ressalta o lema “entra lixo – sai lixo”, ou seja, a qualidade de nossos modelos é um reflexo completo da qualidade dos dados utilizados. Quanto melhor utilizados os dados e teorias, melhor será o resultado das experimentações feitas com a técnica de modelagem baseada em agentes.

Por fim, ao refletirmos sobre a perspectiva das narrativas como forma de construção do conhecimento e interpretação do registro arqueológico podemos afirmar que a modelagem baseada em agentes nos permitiu construir e explorar o território sambaquiano e os seus construtores. Seja nas micronarrativas (Millington *et al.* 2012) que nos mostram aspectos da relação dos sambaquianos com o espaço em suas estratégias de deslocamento e mobilidade, como nas narrativas mais amplas sobre possíveis dinâmicas econômicas e interações sociais destas populações. Com base em nossos modelos pudemos explorar, de maneira criativa, interpretações arqueológicas e pensar além das limitações e incertezas presentes no registro, testando hipóteses e experimentando possibilidades. A modelagem é um mapa que nos permite explorar o território desconhecido.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo desta pesquisa fizemos uma exploração da ocupação e construção do território sambaquiano no litoral sul de Santa Catarina a partir da análise espacial do registro arqueológico destas populações. Esta análise espacial foi construída a partir da aplicação e construção de diferentes modelos e simulações espaciais, principalmente com base nas técnicas de modelagem baseada em agentes e interpretada com base numa perspectiva de longa duração.

A discussão sobre a ocupação e território sambaquianos foi pautada em três eixos: organização espacial da ocupação, a mobilidade individual e as dinâmicas econômicas entre grupos. Com base em análises e modelagens espaciais realizadas podemos resumir as nossas contribuições para cada um destes importantes aspectos da seguinte maneira:

- Com relação à organização espacial sambaquiana foi possível identificar um padrão de comportamento aglomerado dos sítios, estruturado em núcleos ao longo das diferentes lagoas da área de estudo. Esse padrão identificado reproduz os padrões já verificados em outras áreas de ocupação sambaquiana (Kneip *et al.* 2018). Estes núcleos reparam, de modo geral, ambientes diferentes: lagoas, áreas de restinga, dunas e planícies fluviais. A recorrência dessa forma de distribuição espacial dos sambaquis em núcleos sugere um padrão de ocupação do espaço e, por consequência, de forma de estruturação do território sambaquiano na região.
- Sobre a mobilidade na área de estudo, tivemos como principal resultado a demonstração das possibilidades de aplicação da técnica de modelagem baseada em agentes, ainda pouco aplicada na arqueologia brasileira. Construímos um modelo de LCP (*Least Cost Path*) capaz de fornecer ao usuário uma interatividade maior para definir rotas e comparar algoritmos de custo. Os resultados obtidos são muito similares aos que podem ser obtidos a partir de análises tradicionais de LCP feitas em ambientes GIS, porém na técnica de modelagem baseada em agentes é possível criar e comparar cenários, bem como variar parâmetros de maneira fácil e intuitiva.

- O terceiro eixo de investigação está relacionado com as dinâmicas econômicas dos grupos sambaquianos. Estas análises foram feitas com base em um modelo baseado em agentes testando cenários de diferentes dinâmicas de trocas entre comunidades. Este modelo, que incorpora elementos dos modelos de Crabtree (2015) e Romanowska *et al.* (2021) simula as dinâmicas de reciprocidade generalizada e balanceada discutidas por Sahlins e Graeber (2017). Ao avaliarmos diferentes cenários de dinâmicas de reciprocidade verificamos os impactos que estas dinâmicas possuem na estrutura social das comunidades simuladas ao longo do tempo. A reciprocidade generalizada, de extrema solidariedade, resulta em uma estrutura social mais igualitária, ao contrário de uma dinâmica de reciprocidade balanceada onde há uma grande desigualdade na concentração de recursos. Tendo como base as interpretações de que a sociedade sambaquiana era marcada por uma estrutura heterárquica, igualitária e cooperativa na produção de recursos (Klokler 2008, 2012, 2017a; DeBlasis *et al.* 2021; Toso *et al.* 2021; Scheel-Ybert *et al.* 2023), sugerimos, portanto, que há possibilidades de que uma dinâmica de reciprocidade generalizada ocorresse entre os sambaquianos.

No desenvolvimento desta tese trabalhamos apenas com dados espaciais, observando os sítios dentro de um contexto regional. Muito embora tenha sido possível contribuir com as discussões sobre a arqueologia dos sambaquis desta maneira, é necessário ressaltar que um aprofundamento ainda maior sobre os aspectos aqui discutidos demanda uma intensificação nas pesquisas sobre a cultura material e o registro arqueológico sambaquiano. A arqueologia dos sambaquis é um assunto bastante prolífico, e ainda com grandes lacunas e possíveis linhas de exploração. A partir das contribuições advindas desta pesquisa podemos elencar pontos importantes que futuramente ainda devem ser explorados como: os impactos das transformações ambientais, principalmente da variação do nível do mar, na longa duração da ocupação sambaquiana; as possíveis dinâmicas de produção coletiva de recursos e suas transformações ao longo do tempo; as transformações nos sistemas econômicos sambaquianos causadas pelo contato com populações ceramistas; por fim, também podemos destacar a importância do aprofundamento dos estudos sobre as populações Guarani na área do complexo lagunar. O registro arqueológico destas populações é bastante rico na região e pode nos informar

sobre muitas das transformações da paisagem e da ocupação humana na longa duração na região sul de Santa Catarina.

Para além dos resultados diretamente relacionados com a arqueologia dos sambaquis, podemos elencar a importância da discussão e incorporação de métodos e técnicas de análise digital do registro arqueológico como a geoestatística e a modelagem baseada em agentes. Esperamos que estas contribuições sirvam também para estimular o desenvolvimento destas abordagens na arqueologia brasileira. Estes trabalhos enriquecem a “caixa de ferramentas” metodológicas dos arqueólogos e possibilitam aprofundar as nossas interpretações sobre o registro arqueológico de diferentes contextos. Os modelos aqui produzidos não são definitivos, eles podem e devem ser ampliados, aumentando a resolução dos dados e refinando os algoritmos de simulação.

Tal qual a modelagem parte de um princípio dialético de constante aprimoramento e retroalimentação para construção de modelos paulatinamente mais sólidos, devemos incorporar esta lógica na pesquisa sobre a ocupação sambaquiana. A arqueologia dos sambaquis, um dos temas mais antigos da arqueologia brasileira, ainda tem um universo a ser explorado.

9. REFERÊNCIAS

- ABELL, P. 2004. Narrative Explanation: An Alternative to Variable-Centered Explanation? *Annual Review of Sociology* 30. Annual Reviews: 287–310. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.29.010202.100113>.
- . 2009. A Case for Cases: Comparative Narratives in Sociological Explanation. *Sociological Methods & Research* 38. SAGE Publications Inc: 38–70. <https://doi.org/10.1177/0049124109339372>.
- ALBERTI, G. 2019. movecost: An R package for calculating accumulated slope-dependent anisotropic cost-surfaces and least-cost paths. *SoftwareX* 10. Elsevier. [https://www.softxjournal.com/article/S2352-7110\(19\)30234-1/fulltext](https://www.softxjournal.com/article/S2352-7110(19)30234-1/fulltext). <https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.100331>.
- AMARAL, P.G.C. do, P.C.F. GIANNINI, F. SYLVESTRE & L.C.R. PESSEDA. 2012. Paleoenvironmental reconstruction of a Late Quaternary lagoon system in southern Brazil (Jaguaruna region, Santa Catarina state) based on multi-proxy analysis. *Journal of Quaternary Science* 27: 181–91.
- AMARAL, J. 2002. Transformações na paisagem no Município de Imaruá, SC. Dissertação (Mestrado), Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina.
- ANGULO, R.J., P.C.F. GIANNINI, K. SUGUIO & L.C.R. PESSEDA. 1999. Relative sea-level changes in the last 5500 years in southern Brazil (Laguna–Imbituba region, Santa Catarina State) based on vermetid ¹⁴C ages. *Marine Geology* 159: 323–39. <https://doi.org/10/cxx432>.
- ANGULO, R.J., G.C. LESSA & M.C. de SOUZA. 2006. A critical review of mid- to late-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews* 25: 486–506. <https://doi.org/10/cf66q8>.
- ASSUNÇÃO, D.C. 2010. Sambaquis da paleolaguna de Santa Marta: em busca do contexto regional no litoral sul de Santa Catarina. Mestrado em Arqueologia, São Paulo: Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-21062010-100432/>. <https://doi.org/10.11606/D.71.2010.tde-21062010-100432>.
- AXTELL, R.L. et al. 2002. Population growth and collapse in a multiagent model of the Kayenta Anasazi in Long House Valley. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99. National Academy of Sciences: 7275–79. <https://doi.org/10.1073/pnas.092080799>.
- BADDELEY, A., E. RUBAK & R. TURNER. 2015. *Spatial Point Patterns: Methodology and Applications with R*. Boca Raton ; London ; New York: CRC Press.
- BADDELEY, A., R. TURNER & E. RUBAK. 2021. spatstat: Spatial Point Pattern Analysis, Model-Fitting, Simulation, Tests. (version 2.2-0). <https://CRAN.R-project.org/package=spatstat>.
- BADEN, W.W. & C.S. BEEKMAN. 2005. Continuing the Revolution, in *Nonlinear Models for Archaeology and Anthropology*. Routledge.

- BALME, J. 1995. 30,000 years of fishery in western New South Wales. *Archaeology in Oceania* 30: 1–21. <https://doi.org/10/gk9zjh>.
- BALME, J. & J. HOPE. 1990. Radiocarbon dates from midden sites in the lower Darling River area of western New South Wales. *Archaeology in Oceania* 25: 85–101. <https://doi.org/10/gk9zjg>.
- BARTON, C.M., I. ULLAH & H. MITASOVA. 2010. Computational Modeling and Neolithic Socioecological Dynamics: A Case Study from Southwest Asia. *American Antiquity* 75. Cambridge University Press: 364–86. <https://doi.org/10.7183/0002-7316.75.2.364>.
- BEBER, M.V. 2004. O SISTEMA DE ASSENTAMENTO DOS GRUPOS CERAMISTAS DO PLANALTO SUL-BRASILEIRO: O CASO DA TRADIÇÃO TAQUARA/ITARARÉ. Tese (Doutorado), São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos.
- BECK, A. 1972. A variação do conteúdo cultural dos sambaquis - Litoral de Santa Catarina. Doutorado, São Paulo: Universidade de São Paulo.
- BEHLING, H. 1998. Late Quaternary vegetational and climatic changes in Brazil. *Review of Palaeobotany and Palynology* 99: 143–56. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(97\)00044-4](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(97)00044-4).
- BELEM, F.R. 2012. Do seixo ao zoólito. A indústria lítica dos sambaquis do sul catarinense: aspectos formais, tecnológicos e funcionais. Text, Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-05062012-112145/>. <https://doi.org/10.11606/D.71.2012.tde-05062012-112145>.
- BELL, T. & G. LOCK. 2000. Topographic and cultural influences on walking the Ridgeway in later prehistoric times, in G.R. Lock (ed.) *Beyond the Map: Archaeology and Spatial Technologies*: 85–100 (6). Amsterdam: IOS Press. <papers2://publication/uuid/CD283369-816B-4884-B99D-491C64BAF81D>.
- BERTALANFFY, L. von. 1968. *General System Theory: Foundations, Development, Applications*. New York: G. Braziller.
- BERTIN, J. 1980. O Teste de base da representação gráfica. *Revista Brasileira de Geografia* 42: 160–82.
- BESAG, J. 1977. Comments on Dr. Ripley's Paper. *Journals of the Royal Statistical Society* B39: 193–95.
- BEVAN, A. 2020. Spatial Point Patterns and Processes, in *Archaeological Spatial Analysis*. Routledge.
- BEVAN, A. & M. LAKE. 2013. Introduction, in *Computational Approaches to Archaeological Spaces*: 17–26. Routledge.
- BINFORD, L.R. 1981. Behavioral Archaeology and the 'Pompeii Premise'. *Journal of Anthropological Research* 37: 195–208. <https://doi.org/10/ggq4jw>.

- BITENCOURT, A.L.V. & P.M. KRAUSPENHAR. 2006. Possible prehistoric anthropogenic effect on *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Kuntze expansion during the late Holocene. *Revista Brasileira de Paleontologia* 9: 109–16. <https://doi.org/10/c7hj9s>.
- BIVAND, R. et al. 2021a. maptools: Tools for Handling Spatial Objects. (version 1.1-2). <https://CRAN.R-project.org/package=maptools>.
- . 2021b. rgdal: Bindings for the ‘Geospatial’ Data Abstraction Library. (version 1.5-27). <https://CRAN.R-project.org/package=rgdal>.
- BONOMO, M., R. COSTA ANGRIZANI, E. APOLINAIRE & F.S. NOELLI. 2015. A model for the Guaraní expansion in the La Plata Basin and littoral zone of southern Brazil. *Quaternary International* 356. Elsevier Ltd: 54–73. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.10.050>.
- BRANDES, U. 2001. A faster algorithm for betweenness centrality. *The Journal of Mathematical Sociology* 25. Routledge: 163–77. <https://doi.org/10.1080/0022250X.2001.9990249>.
- BRAUDEL, F. 1965. História e Ciências Sociais: a longa duração. *Revista de História* 30: 261–94. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9141.rh.1965.123422>.
- BROCHADO, J.P. 1984. An Ecological Model of the Spread of Pottery and Agriculture into Eastern South America. Tese (Doutorado), Urbana-Champaign: University of Illinois.
- BRUGHMANS, T. & M.A. PEEPLES. 2020. Spatial Networks, in *Archaeological Spatial Analysis*. Routledge.
- BURROUGH, P.A. 1986. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Oxford: Oxford University Press.
- CALIPPO, F.R. 2004. Os sambaquis submersos de Cananéia: um estudo de caso de arqueologia subaquática. Text, Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8153/tde-27062006-143634/>. <https://doi.org/10.11606/D.8.2004.tde-27062006-143634>.
- CARDOSO, J.M. 2019. O sítio costeiro Galheta IV: uma perspectiva zooarqueológica. Dissertação (Mestrado), São Paulo: Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-27112018-142710/>. <https://doi.org/10.11606/D.71.2019.tde-27112018-142710>.
- CARVALHO, C.R., R. SCHEEL-YBERT, M. GASPAR, G.F. BIANCHINI, D.M. KLOKLER, M.N. de ANDRADE & D. de S. BORGES. 2011. Cabeçuda-II: um conjunto de amoladores-polidores evidenciado em Laguna, SC. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*: 401–5. <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2011.89986>.
- CASTRO FARIA, L. 1959. O problema da proteção aos sambaquis. *Arquivos do Museu Nacional Rio de Janeiro* 59: 95–138.

- CEGIELSKI, W.H. & J.D. ROGERS. 2016. Rethinking the role of Agent-Based Modeling in archaeology. *Journal of Anthropological Archaeology* 41: 283–98. <https://doi.org/10/gd6bfx>.
- CHORLEY, R. & P. HAGGET. 1967. *Models in Geography* (Madingley Lectures). London: Methuen.
- CLARK, J.K. & S.A. CRABTREE. 2015. Examining Social Adaptations in a Volatile Landscape in Northern Mongolia via the Agent-Based Model Ger Grouper. *Land* 4. Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 157–81. <https://doi.org/10.3390/land4010157>.
- CLARKE, D. 1972. *Models in Archaeology*. London: Methuen.
- . 1977a. *Spatial Archaeology*. London: Academic Press.
- CLARKE, D.L. 1977b. Spatial Information in Archaeology, in D.L. Clarke (ed.) *Spatial Archaeology*: 1–32. London: Academic Press.
- CLASTRES, P. 2017. *A sociedade contra o Estado*. 1ª edição. Ubu Editora.
- COLLAR, A., F. COWARD, T. BRUGHMANS & B.J. MILLS. 2015. Networks in Archaeology: Phenomena, Abstraction, Representation. *Journal of Archaeological Method and Theory* 22: 1–32. <https://doi.org/10/gf7gfr>.
- COLONESE, A.C. et al. 2014. Long-Term Resilience of Late Holocene Coastal Subsistence System in Southeastern South America. *PLOS ONE* 9. Public Library of Science: e93854. <https://doi.org/10/gmdg3j>.
- CORTELETTI, R. 2013. Projeto arqueológico Alto Canoas - Paraca: um estudo da presença Jê no planalto Catarinense. Tese (Doutorado), São Paulo: Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-19042013-093054/>. <https://doi.org/10.11606/T.71.2013.tde-19042013-093054>.
- COSTA, J.G. 2020. Relatório de Avaliação de Impacto ao patrimônio arqueológico na área de implantação da Mica Imbituba. Município de Imbituba - Santa Catarina. Relatório Final de Pesquisa. Processo IPHAN: 01510.000504/2019-51. Relatório de Avaliação de Impacto ao Patrimônio Arqueológico Final. Criciúma.
- CRABTREE, S.A. 2015. Inferring Ancestral Pueblo Social Networks from Simulation in the Central Mesa Verde. *Journal of Archaeological Method and Theory* 22: 144–81. <https://doi.org/10/gdj73r>.
- CRABTREE, S.A., K. HARRIS, B. DAVIES & I. ROMANOWSKA. 2019. Outreach in Archaeology with Agent-Based Modeling: Part 3 of 3. *Advances in Archaeological Practice* 7: 194–202. <https://doi.org/10/gf2258>.
- CRIADO-BOADO, F. 1991. Construcción social del espacio y reconstrucción arqueológica del paisaje. *Boletín de Antropología Americana*: 5–30.

- . 1997. Introduction: Combining the different dimensions of cultural space: is a total archaeology of landscape possible? *TAPA 2 Landscape, Archaeology, Heritage*, 5–10.
- D'ÁVILA, L.N. 2017. Caminhos e Lugares: modelo de mobilidade e sistema de assentamento entre os Proto-Jê meridionais na região de Campo Belo do Sul, SC. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Pelotas.
- DE MASI, M.A.N. 2017. Relatório Final Projeto de Salvamento Arqueológico Duplicação Br-101 Trecho Sul, Palhoça/SC a Passo de Torres/SC. Processo 01510000151/2001-60. Relatório de Salvamento Arqueológico Relatório Final. Florianópolis.
- DE SOUZA, J.G., R. CORTELETTI, M. ROBINSON & J. IRIARTE. 2016a. The genesis of monuments: Resisting outsiders in the contested landscapes of southern Brazil. *Journal of Anthropological Archaeology* 41: 196–212. <https://doi.org/10/gg2jf2>.
- DE SOUZA, J.G., M. ROBINSON, R. CORTELETTI, M.L. CÁRDENAS, S. WOLF, J. IRIARTE, F. MAYLE & P. DEBLASIS. 2016b. Understanding the Chronology and Occupation Dynamics of Oversized Pit Houses in the Southern Brazilian Highlands. (ed.)D. Hoon Shin *PLOS ONE* 11: e0158127. <https://doi.org/10/gbnpb>.
- DEAN, J.S., G.J. GUMERMAN, J.M. EPSTEIN, R.L. AXTELL, A.C. SWEDLUND, M.T. PARKER & S. MCCARROLL. 2000. Understanding Anasazi culture change through agent-based modeling, in *Dynamics in human and primate societies: agent-based modeling of social and spatial processes*: 179–205. USA: Oxford University Press, Inc.
- DEBLASIS, P. & M. GASPAR. 2008. Os sambaquis do sul catarinense: retrospectiva e perspectivas de dez anos de pesquisas. *Especiaria: Cadernos de Ciências Humanas* 11 e 12: 83–126.
- DEBLASIS, P. & M.D. GASPAR. 2009. Os sambaquis do sul catarinense: retrospectiva e perspectivas de dez anos de pesquisas. *Especiaria: Cadernos de Ciências Humanas* 11–12: 83–126.
- DEBLASIS, P., A. KNEIP, R. SCHEEL-YBERT, P.C. GIANNINI & M.D. GASPAR. 2007. Sambaquis e Paisagem - Dinâmica natural e arqueologia regional no litoral do sul do Brasil. *Arqueología Suramericana* 3: 29–61.
- DEBLASIS, P., D.S. FARIAS & A. KNEIP. 2014. Velhas tradições e gente nova no pedaço: perspectivas longevas de arquitetura funerária na paisagem do litoral sul catarinense.: 109–36. <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2014.109328>.
- DEBLASIS, P., M. GASPAR & A. KNEIP. 2021. Sambaquis from the Southern Brazilian Coast: Landscape Building and Enduring Heterarchical Societies throughout the Holocene. *Land* 10. Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 757. <https://doi.org/10/gmdk29>.

- DI GIUSTO, M.N. 2017. Os sambaqueiros e os outros: estresse e estilos de vida na perspectiva da longa duração - o caso do litoral sul de Santa Catarina. Dissertação (Mestrado), São Paulo: Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-15012018-164309/>. <https://doi.org/10.11606/D.71.2018.tde-15012018-164309>.
- EPSTEIN, J.M. & R.L. AXTELL. 1996. *Growing Artificial Societies: Social Science from the Bottom Up* (Complex Adaptive Systems). Cambridge, MA, USA: A Bradford Book.
- EVANS, T.L. & P.T. DALY. 2006. *Digital archaeology: bridging method and theory*. London; New York: Routledge. <http://www.myilibrary.com?id=29182>.
- FARIAS, D.S.E. 2010. Prospecção Arqueológica Pré-Histórica na área de Implantação de Loteamento Residencial Arino Bressan no Bairro Monte Castelo, Tubarão - SC. Processo 01510.001064/2010-11. Relatório de Prospecção Arqueológica Relatório Final. Tubarão.
- . 2012. Relatório Final Projeto de Levantamento prospectivo, salvamento e monitoramento na área de implantação do condomínio residencial do programa minha casa minha vida, localidade de Nova Brasília, município de Imbituba-SC. Processo: 01510.001845/2011-96. Relatório de Prospecção Arqueológica Relatório Final. Tubarão.
- . 2013. Programa arqueológico de prospecção interventiva e programa de educação patrimonial nas bacias 1, 2, 3, 4, 5 e 9 do sistema de esgotamento sanitário de Garopaba - SC. Processo 01510.002643/2013-23. Relatório de Prospecção Arqueológica Relatório Final. Tubarão.
- FARIAS, D.S.E. & P. DEBLASIS. 2014. Programa de Salvamento Arqueológico e Educação patrimonial na área de duplicação da BR-101 trecho Ponte de Cabeçada, Laguna/SC. Relatório Final. Processo 01510.000341/2007-72. Programa de Salvamento Arqueológico Relatório Final. Tubarão.
- FARIAS, D.S.E. & A. KNEIP. 2010. *Panorama Arqueológico de Santa Catarina*. Tubarão: Editora UNISUL.
- FARIAS, D.S.E., G.M. GUIMARÃES & A. DEMATHÉ. 2012. Relatório Final Prospecção Arqueológica e difusão do patrimônio arqueológico na área de implantação da Unidade Mineira de extração de areia fina na localidade de Sambaqui em Imbituba-SC. Processo 01510.002190/2011-73. Relatório de Prospecção Arqueológica Relatório Final. Tubarão.
- . 2016. Arqueologia e educação patrimonial na área de extração de areia Estrondo Areias Nobre, escavação do sítio tupiguarani - SC-IMB-33, Imbituba/SC. Processo 01510.001120/2014-41. Relatório Final. Tubarão.
- FIDALGO, D., M. HUBBE & V. WESOLOWSKI. 2021. Population history of Brazilian south and southeast shellmound builders inferred through dental morphology. *American Journal of Physical Anthropology*, 1–16. <https://doi.org/10/gkhhcs>.

- FIGUTI, L. 1993. O homem pré-histórico, o molusco e o sambaqui: considerações sobre a subsistência dos povos sambaquieiros. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*: 67–80. <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.1993.109161>.
- FIGUTI, L., C.R. PLENS & P. DEBLASIS. 2013. Small Sambaquis and Big Chronologies: Shellmound Building and Hunter-Gatherers in Neotropical Highlands. *Radiocarbon* 55. Cambridge University Press: 1215–21. <https://doi.org/10.1017/S0033822200048128>.
- FISH, P.R., S.K. FISH, P.A.D. de BLASIS & M.D. GASPAR. 2013. Monumental shell mounds as persistent places in Southern Coastal Brazil, in V.D. Thompson & J.C. Waggoner Jr. (ed.) *The archaeology and historical ecology of small scale economies*. Gainesville: University of Florida. <https://repositorio.usp.br/item/002434976>.
- FLEMING, A. 2006. Post-processual Landscape Archaeology: a Critique. *Cambridge Archaeological Journal* 16. Cambridge University Press: 267–80. <https://doi.org/10.1017/S0959774306000163>.
- FONSECA JÚNIOR, J.A. de A. da. 2013. Levantamento regional na arqueologia amazônica : o uso de sistema de informação geográfica e sensoriamento remoto. *Boletim do Museu Paraense Emilio Goeldi: Ciências Humanas* 8: 675–90.
- FOSSILE, T., J. FERREIRA, D. da R. BANDEIRA, L. FIGUTI, S. DIAS-DA-SILVA, N. HAUSMANN, H.K. ROBSON, D. ORTON & A.C. COLONESE. 2019. Pre-Columbian fisheries catch reconstruction for a subtropical estuary in South America. *Fish and Fisheries* 20: 1124–37. <https://doi.org/10/gf73f8>.
- FRÓES DE ABREU, S. 1928. Sambaquis de Imbituba e Laguna. *Revista da Sociedade de Geografia do Rio de Janeiro* 31: 8–50.
- GARDNER, M. 1970. Mathematical Games. *Scientific American* 223. Scientific American, a division of Nature America, Inc.: 120–23.
- GARMY, P., L. KADDOURI, C. ROZENBLAT & L. SCHNEIDER. 2005. Logiques spatiales et « Systèmes de villes » en Lodévois de l’Antiquité à la période Moderne., in *Temps et espaces de l’homme en société, analyses et modèles spatiaux en archéologie*: 335–46. Antibes, France. <https://www.semanticscholar.org/paper/Logiques-spatiales-et-%C2%AB-Syst%C3%A8mes-de-villes-%C2%BB-en-de-Garmy-Kaddouri/66009abc6d468bbce7a4e1b577743e0bdb73b474>.
- GASPAR, M.D. 2000. *Sambaqui: arqueologia do litoral brasileiro*. 2nd ed. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editora.
- . 2014. Sambaquis Shell Mounds, Archaeology of, in C. Smith (ed.) *Encyclopedia of Global Archaeology*: 6449–54. New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_967. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_967.

- GASPAR, M.D., P. DEBLASIS, S.K. FISH & P.R. FISH. 2008. Sambaqui (Shell Mound) Societies of Coastal Brazil, in *The Handbook of South American Archaeology*: 319–35. New York, NY: Springer New York.
http://link.springer.com/10.1007/978-0-387-74907-5_18.
https://doi.org/10.1007/978-0-387-74907-5_18.
- GASPAR, M.D., D.M. KLOKLER & P. DEBLASIS. 2011. Traditional Fishing, Mollusk Gathering, and the Shell Mound Builders of Santa Catarina, Brazil. *Journal of Ethnobiology* 31. Society of Ethnobiology: 188–212.
<https://doi.org/10.2993/0278-0771-31.2.188>.
- GEYH, M.A. & H. SCHNEEKLOTH. 1964. Hannover Radiocarbon Measurements III. *Radiocarbon* 6. Cambridge University Press: 251–68. <https://doi.org/10/gnfsx4>.
- GIANNINI, P.C.F. 1993. Sistemas Depositionais No Quaternário Costeiro Entre Jaguaruna E Imituba. I: 439.
- GIANNINI, P.C.F., X.S. VILLAGRAN, M. FORNARI, D.R. do NASCIMENTO JUNIOR, P.M.L. MENEZES, A.P.B. TANAKA, D.C. ASSUNÇÃO, P. DEBLASIS & P.G.C. do AMARAL. 2010. Interações entre evolução sedimentar e ocupação humana pré-histórica na costa centro-sul de Santa Catarina, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas* 5: 105–28.
<https://doi.org/10.1590/S1981-81222010000100008>.
- GIANOTTI, C. 2014. Procedimientos para el análisis de la movilidad prehistórica entre los constructores de cerritos mediante el uso de tecnologías geoespaciales. *Revista del Museo de Antropología* 7: 271–84.
- GILLINGS, M., P. HACIGÜZELLER & G. LOCK. 2020. Archaeology and Spatial Analysis, in M. Gillings, P. Hacigüzeller & G. Lock (ed.) *Archaeological Spatial Analysis*: 1–16. New York: Routledge.
- GODFREY-SMITH, P. 2009. Models and fictions in science. *Philosophical Studies* 143: 101–16. <https://doi.org/10.1007/s11098-008-9313-2>.
- GOULD, S.J. 1990. *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*. Illustrated edição. New York: W. W. Norton & Company.
- GRAVEL-MIGUEL, C. & C.D. WREN. 2018. Agent-based least-cost path analysis and the diffusion of Cantabrian Lower Magdalenian engraved scapulae. *Journal of Archaeological Science* 99: 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2018.08.014>.
- GRIDER, R. & U. WILENSKY. 2015. NetLogo Paths model. NetLogo. Evanston, IL: Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University.
- GRIFFIN, A.F. & C. STANISH. 2007. An Agent-based Model of Prehistoric Settlement Patterns and Political Consolidation in the Lake Titicaca Basin of Peru and Bolivia. *Structure and Dynamics* 2. <https://escholarship.org/uc/item/2zd1t887>.
<https://doi.org/10/gpbnb4>.

- GRIFFIN, L.J. 1993. Narrative, Event-Structure Analysis, and Causal Interpretation in Historical Sociology. *American Journal of Sociology* 98. The University of Chicago Press: 1094–1133. <https://doi.org/10.1086/230140>.
- GRIMM, V. & S.F. RAILSBACK. 2005. *Individual-based Modeling and Ecology* (Princeton Series in Theoretical and Computational Biology). Princeton: Princeton University Press. <https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691096667/individual-based-modeling-and-ecology>.
- GRIMM, V. et al. 2020. The ODD Protocol for Describing Agent-Based and Other Simulation Models: A Second Update to Improve Clarity, Replication, and Structural Realism. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 23: 7. <https://doi.org/10.18564/jasss.4259>.
- HERZOG, I. 2020. Spatial Analysis Based On Cost Functions, in *Archaeological Spatial Analysis*. Routledge.
- HODDER, I. & C. ORTON. 1976. Spatial analysis in archaeology, in I. Hodder & C. Orton (ed.) *Spatial analysis in archaeology*, 1^a Ed: 1–16. Cambridge: Cambridge University Press. [https://doi.org/10.1016/0305-7488\(78\)90091-9](https://doi.org/10.1016/0305-7488(78)90091-9).
- HUBBE, M., W.A. NEVES, E.C. de OLIVEIRA & A. STRAUSS. 2009. Postmarital Residence Practice in Southern Brazilian Coastal Groups: Continuity and Change. *Latin American Antiquity* 20. Cambridge University Press: 267–78. <https://doi.org/10/gmkh3z>.
- HURT, W. 1974. *The interrelationship between the natural environment and four sambaquis, coast of Santa Catarina, Brazil Occasional papers and Monographs*. Vol. 1. Bloomington: Indiana University Museum.
- INGOLD, T. 1993. The Temporality of the Landscape. *World Archaeology* 25: 152–74. <https://doi.org/10/btrzgp>.
- . 2002. *The Perception of the Environment: Essays on Livelihood, Dwelling and Skill*. 1st ed. Routledge. <https://www.taylorfrancis.com/books/9780203466025>. <https://doi.org/10.4324/9780203466025>.
- . 2011. *Being Alive: Essays on Movement, Knowledge and Description*. 1^a edição. London ; New York: Routledge.
- IRIARTE, J. & H. BEHLING. 2007. The expansion of Araucaria forest in the southern Brazilian highlands during the last 4000 years and its implications for the development of the Taquara/Itararé Tradition. *Environmental Archaeology* 12: 115–27. <https://doi.org/10/dcpr28>.
- IRIARTE, J., P. DE BLASIS, F. MAYLE, R. CORTELETTI, M. FRADLEY, M.L. CARDENAS & J.G. DE SOUZA. 2014. PAISAGENS JÊ MERIDIONAIS ECOLOGIA, HISTÓRIA E PODER NUMA PAISAGEM TRANSICIONAL DURANTE O HOLOCENO TARDIO. *Cadernos do LEPAARQ* XI: 241–53.

- IRIARTE, J., P. DEBLASIS, J.G. DE SOUZA & R. CORTELETTI. 2017. Emergent Complexity, Changing Landscapes, and Spheres of Interaction in Southeastern South America During the Middle and Late Holocene. *Journal of Archaeological Research* 25: 251–313. <https://doi.org/10.1007/s10814-016-9100-0>.
- JACOBS, Z., G.A.T. DULLER, A.G. WINTLE & C.S. HENSHILWOOD. 2006. Extending the chronology of deposits at Blombos Cave, South Africa, back to 140ka using optical dating of single and multiple grains of quartz. *Journal of Human Evolution* 51: 255–73. <https://doi.org/10/b9p5t3>.
- JANSSEN, M.A. 2009. Understanding Artificial Anasazi. *Journal of Artificial Societies and Social Simulation* 12: 13.
- JUDGE, W.J. & L. SEBASTIAN (ed.). 1988. *Quantifying the Present and Predicting the Past - Theory, Method, and Application of Archaeological Predictive Modeling*. 1st ed. Denver: U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management Service Center.
- JÚNIOR, E.S. 2005. Paisagem. *Paisagem e Ambiente*: 47–59. <https://doi.org/10.11606/issn.2359-5361.v0i20p47-59>.
- KASSAMBARA, A. & F. MUNDT. 2020. factoextra: Extract and Visualize the Results of Multivariate Data Analyses. (version 1.0.7). <https://CRAN.R-project.org/package=factoextra>.
- KIPNIS, R. 1997. O uso de modelos preditivos para diagnosticar recursos arqueológicos em áreas a serem afetadas por empreendimentos de impacto ambiental, in S.B. Caldarelli (ed.) *Atas do Simpósio sobre Política Nacional do Meio Ambiente e Patrimônio Cultural*: 39–50. Goiânia: Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia.
- KLEIN, R.M. 1978. Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina, in R. Reitz (ed.) *Flora Ilustrada Catarinense*. Itajaí: Herbário Barbosa Rodrigues.
- KLOKLER, D. 2008. Food for Body and Soul: Mortuary ritual in shell mounds (Laguna - Brazil). Doutorado, Tucson, AZ: University of Arizona.
- . 2012. Consumo Ritual, Consumo no Ritual: festins funerários e sambaquis. *Revista Habitus - Revista do Instituto Goiano de Pré-História e Antropologia* 10: 83–104. <https://doi.org/10.18224/hab.v10.1.2012.83-104>.
- . 2014. A Ritually Constructed Shell Mound Feasting at the Jabuticabeira II Site, in M. Roksandic, S.M. Souza, S. Eggers & M. Burchell *The Cultural Dynamics of Shell-Matrix Sites*: 151–62. Albuquerque: University of New Mexico Press.
- . 2017a. Zooarchaeology of Brazilian shell-mounds, in U. Albarella, M. Rizzetto, H. Russ, K. Vickers & S. Viner-Daniels (ed.) *The Oxford Handbook of Zooarchaeology*: 0. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199686476.013.44>. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199686476.013.44>.

- . 2017b. Constructed seascapes in southern Brazil. *Hunter Gatherer Research* 3: 87–105. <https://doi.org/10/gg2jf9>.
- KLOKLER, D., M.D. GASPAR & R. SCHEEL-YBERT. 2018. Why clam? Why clams? Shell Mound construction in Southern Brazil. *Journal of Archaeological Science: Reports* 20: 856–63. <https://doi.org/10/gf7cmd>.
- KNEIP, A. 2004. O povo da lagoa: uso do SIG para modelamento e simulação na área arqueológica do Camacho. Text, Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8153/tde-13102004-172248/>. <https://doi.org/10.11606/T.8.2004.tde-13102004-172248>.
- KNEIP, A. & A.A.S. MELLO. 2018. Dinâmica da ocupação da região do Camacho, litoral sul de Santa Catarina, a partir de 7500 anos até o presente. *Revista Memorare* 5: 248–63. <https://doi.org/10/gjtqdr>.
- KNEIP, A., D.S. FARIAS & P. DEBLASIS. 2018. Longa duração e territorialidade da ocupação sambaqueira na laguna de Santa Marta, Santa Catarina. *Revista de Arqueologia* 31: 25–51. <https://doi.org/10.24885/sab.v31i1.526>.
- KOZLOWSKI, H., A. KNEIP & P. DEBLASIS. 2022. Aspectos da ocupação Sambaqueira e Guarani na Lagoa de Imaruí, litoral sul de Santa Catarina. *Revista de Arqueologia* 35: 63–84. <https://doi.org/10.24885/sab.v35i2.994>.
- KOZLOWSKI, H. de S. 2018. Modelagem Preditiva e Ocupação Jê Meridional na Encosta Catarinense. Universidade de São Paulo.
- KOZLOWSKI, H. de S. & R. CORTELETTI. 2019. Paisagem de mobilidade Jê Meridional do Alto Vale do Ribeira de Iguape. *Arqueologia* 22: 23.
- KOZLOWSKI, H. de S. & P. DEBLASIS. 2019. Perspectivas de modelagem preditiva arqueológica: estudo de caso na Bacia do Rio Tubarão – Santa Catarina. *Especiaria: Cadernos de Ciências Humanas* 18: 21.
- LAKE, M. 2020. Spatial Agent-Based Modelling, in M. Gillings, P. Hacıgüzeller & G. Lock (ed.) *Spatial analysis in archaeology* 4: 247–72. New York: Routledge.
- LAKE, M.W. 2014. Trends in Archaeological Simulation. *Journal of Archaeological Method and Theory* 21: 258–87. <https://doi.org/10/gd6b57>.
- LANGER, J. 2001. Os sambaquis e o Império: escavações, teorias e polêmicas, 1840-1889. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*: 35–53. <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2001.109409>.
- LAVINA, R. 1999. Salvamento Arqueológico da ZPE, Imbituba/SC (Relatório de Pesquisa). Relatório de Salvamento Arqueológico Relatório Final. Criciúma: IPAT/UNESC.
- . 2003. Levantamento Arqueológico da Área de Impacto do Aterro Sanitário de Taguarucu, Laguna/Capivari de Baixo, SC. Relatório de Pesquisa Relatório Final. Criciúma: IPAT/UNESC.

- LEARY, J. (ed.). 2014a. *Past mobilities: archaeological approaches to movement and mobility*. Farnham, Surrey ; Burlington, VT: Ashgate.
- . 2014b. Past Mobility: An Introduction, in J. Leary (ed.) *Past mobilities: archaeological approaches to movement and mobility*: 1–19. Farnham, Surrey ; Burlington, VT: Ashgate.
- LESSA, A. & L.Z. SCHERER. 2008. O outro lado do paraíso: novos dados e reflexões sobre violência entre pescadores-coletores pré-coloniais. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*: 89–100. <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2008.89830>.
- LESSA, G.C., R.J. ANGULO, P.C. GIANNINI & A.D. ARAÚJO. 2000. Stratigraphy and Holocene evolution of a regressive barrier in south Brazil. *Marine Geology* 165: 87–108. <https://doi.org/10/d7dj9n>.
- LIMA, T.A. 2000. Em busca dos frutos do mar: os pescadores-coletores do litoral Centro-Sul do Brasil. *Revista USP*: 270–327. <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i44p270-327>.
- LIMA, T.A., K.D. MACARIO, R.M. ANJOS, P.R.S. GOMES, M.M. COIMBRA & D. ELMORE. 2002. The Antiquity of the Prehistoric Settlement of the Central-South Brazilian Coast. *Radiocarbon* 44. Cambridge University Press: 733–38. <https://doi.org/10/gk9zw2>.
- LINDEN, M.V. & B.W. ROBERTS. 2011. A Tale of Two Countries: Contrasting Archaeological Culture History in British and French Archaeology, in B.W. Roberts & M. Vander Linden (ed.) *Investigating Archaeological Cultures: Material Culture, Variability, and Transmission*: 23–40. New York, NY: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6970-5_2. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6970-5_2.
- LINO, J.T. 2007. Arqueologia guarani na bacia hidrográfica do Rio Araranguá, Santa Catarina. Dissertação (Mestrado), Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/13387>.
- LLOBERA, M., P. FÁBREGA-ÁLVAREZ & C. PARCERO-OUBIÑA. 2011. Order in movement: a GIS approach to accessibility. *Journal of Archaeological Science* 38: 843–51. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2010.11.006>.
- MAREAN, C.W. et al. 2007. Early human use of marine resources and pigment in South Africa during the Middle Pleistocene. *Nature* 449: 905–8. <https://doi.org/10/b4vcc7>.
- MÁRQUEZ-PÉREZ, J., I. VALLEJO-VILLALTA & J.I. ÁLVAREZ-FRANCOSO. 2017. Estimated travel time for walking trails in natural areas. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography* 117. Routledge: 53–62. <https://doi.org/10.1080/00167223.2017.1316212>.
- MAUSS, M. 2017. *Sociologia e antropologia*. 1ª edição. Ubu Editora.

- MCGLADE, J. 2005. Systems and simulacra: modeling, simulation, and archaeological interpretation, in H.D.G. Maschner & C. Chippindale (ed.) *Handbook of Archaeological Methods*: 554–602. Lanham/New York/Toronto/Oxford: AltaMira Press.
- . 2014. Simulation as Narrative: Contingency, Dialogics, and the Modeling Conundrum. *Journal of Archaeological Method and Theory* 21: 288–305. <https://doi.org/10/ggchf4>.
- MERENCIO, F.T. 2021. Arqueologia dos encontros no litoral sul de Santa Catarina: os sambaquis tardios e sítios Jê entre 2000 a 500 cal AP. Tese (Doutorado), São Paulo: Universidade de São Paulo.
- MERENCIO, F.T. & P. DEBLASIS. 2021. Análises de mobilidade no litoral sul de Santa Catarina entre 2000-500 cal AP. *Revista do Museu de Arqueologia e Etnologia*: 57–91. <https://doi.org/10.11606/issn.2448-1750.revmae.2021.162703>.
- MILHEIRA, R.G. 2010. Arqueologia Guarani no Litoral Sul-Catarinense: História e Território. Universidade de São Paulo.
- MILHEIRA, R.G. & P. DEBLASIS. 2011. O território Guarani no litoral sul catarinense: ocupação e abandono no limiar do período colonial. *Revista de Arqueologia Americana*. Pan American Institute of Geography and History: 147–82.
- MILHEIRA, R.G., D.S.E. de FARIAS & L. ALVES. 2013. Perfil tipológico da indústria cerâmica Guarani da região sul de Santa Catarina. *Revista Tempos Acadêmicos*: 210–33.
- MILHEIRA, R.G., J.G. DE SOUZA & J. IRIARTE. 2019. Water, movement and landscape ordering: A GIS-based analysis for understanding the mobility system of late Holocene mound-builders in southern Brazil. *Journal of Archaeological Science* 111: 105014. <https://doi.org/10.1016/j.jas.2019.105014>.
- MILLINGTON, J.D.A., D. O’SULLIVAN & G.L.W. PERRY. 2012. Model histories: Narrative explanation in generative simulation modelling. *Geoforum* 43 (Themed Issue: Spatialities of Ageing): 1025–34. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2012.06.017>.
- MORGAN, M.S. 2001. Models, stories and the economic world. *Journal of Economic Methodology* 8. Routledge: 361–84. <https://doi.org/10.1080/13501780110078972>.
- NEVES, W.A. 1984. Paleogenética dos grupos pré-históricos do litoral sul do Brasil (Paraná e Santa Catarina). Tese (Doutorado), São Paulo: Universidade de São Paulo.
- NOELLI, F.S. 1993. SEM TEKHOHA NÃO HÁ TEKÓ. Em Busca de um Modelo Etnoarqueológico da Aldeia e da Subsistência Guarani e sua Aplicação a uma Área de Domínio no Delta do Rio Jacuí—RS. Dissertação (Mestrado), Porto Alegre: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

- . 1996. As hipótese sobre o centro de origem e rotas de expansão dos Tupi. *Revista de Antropologia* 39: 7–53. <https://doi.org/10.11606/2179-0892.ra.1996.111642>.
- . 2000. A ocupação humana na região sul do Brasil: Arqueologia, debates e perspectivas 1872-2000. *Revista USP*: 218–69.
- NOELLI, F.S. & J.G. DE SOUZA. 2017. Novas perspectivas para a cartografia arqueológica Jê no Brasil meridional New perspectives on the archaeological cartography of the Jê in Southern Brazil. 12: 28.
- NOVASCO, R.V., A.D.B. MELLO, J.F. CEREZER, V.L. SCHWENGBER, L.M. JÚNIOR & T.V. TORQUATO. 2021. Apontamentos sobre a ocupação Guarani no litoral sul de Santa Catarina: O caso do sítio arqueológico Baixo Rio D’Una. *PESQUISAS Antropologia*: 129–42.
- O’BRIEN, Y. & S. BERGH. 2016. Modelling Routeways in a Landscape of Esker and Bog, in J.A. Barceló & F. Del Castillo (ed.) *Simulating Prehistoric and Ancient Worlds*: 199–217 (Computational Social Sciences). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31481-5_6. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31481-5_6.
- OKUMURA, M.M.M. 2007. Diversidade morfológica craniana, micro-evolução e ocupação pré-histórica da costa brasileira. Doutorado em Biologia, São Paulo: Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/41/41131/tde-30082007-135429/>. <https://doi.org/10.11606/T.41.2007.tde-30082007-135429>.
- OKUMURA, M.M.M. & S. EGGERS. 2005. The people of Jaboticabeira II: reconstruction of the way of life in a Brazilian shellmound. *HOMO* 55: 263–81. <https://doi.org/10/fhbpzj>.
- OLIVEIRA, T.F. de. 2010. Estudo comparativo dos sambaquis Caipora, Lageado e Jaboticabeira I: interpretações acerca da mudança de material construtivo ao longo do tempo. Dissertação (Mestrado), Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-30042010-171654/>. <https://doi.org/10.11606/D.71.2010.tde-30042010-171654>.
- O’SULLIVAN, D. & M. HAKLAY. 2000. Agent-Based Models and Individualism: Is the World Agent-Based? *Environment and Planning A: Economy and Space* 32. SAGE Publications Ltd: 1409–25. <https://doi.org/10.1068/a32140>.
- PAGE, A.E. & J.C. FRENCH. 2020. Reconstructing prehistoric demography: What role for extant hunter-gatherers? *Evolutionary Anthropology: Issues, News, and Reviews* 29: 332–45. <https://doi.org/10.1002/evan.21869>.
- PANDOLFO, C., H.J. BRAGA, V.P. SILVA JÚNIOR, A.M. MASSIGNAN, E.S. PEREIRA, V.M.R. THOMÉ & F. V. VALCI. 2002. *Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina*. Florianópolis: Epagri.
- PECK, S.L. 2004. Simulation as experiment: a philosophical reassessment for biological modeling. *Trends in Ecology & Evolution* 19. Elsevier: 530–34. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2004.07.019>.

- . 2012. Agent-based Models as Fictive Instantiations of Ecological Processes. *Philosophy & Theory in Biology* 4. <http://hdl.handle.net/2027/spo.6959004.0004.003>. <https://doi.org/10.3998/ptb.6959004.0004.003>.
- PERRY, G.L.W. & D. O’SULLIVAN. 2018. Identifying Narrative Descriptions in Agent-Based Models Representing Past Human-Environment Interactions. *Journal of Archaeological Method and Theory* 25: 795–817. <https://doi.org/10/gf6bhd>.
- PESTANA, M.B. & L.S. RIBEIRO. 2016. Prospecção arqueológica sistemática interventiva e educação patrimonial em área do PRAD na faixa da Marinha. Praia do Ouvidor - Município: Garopaba - SC. Processo 01510.001015/2015/92. Relatório de Pesquisa Relatório Final. Florianópolis.
- PEZO-LANFRANCO, L. et al. 2018. Middle Holocene plant cultivation on the Atlantic Forest coast of Brazil? *Royal Society Open Science* 5. Royal Society: 180432. <https://doi.org/10/gmdg3h>.
- PIAZZA, W. 1966a. Os sítios arqueológicos do litoral catarinense. *Estudos Históricos* 5: 269–78.
- . 1966b. As fontes primárias da história: fontes arqueológicas catarinenses., in *Anais do III Simpósio dos Professores Universitários de História*: 439–80. Franca, SP.
- PIAZZA, W.F. & A.B. EBLE. 1977. Considerações preliminares sobre a arqueologia do sul-catarinense. *Universitas*: 51.
- PLOG, F. & J.N. HILL. 1971. Explaining Variability in the Distribution of Sites, in G.J. Gumerman (ed.) *The Distribution of Prehistoric Population Aggregates*: 7–36. Prescott: Prescott College Press.
- POSTH, C. et al. 2018. Reconstructing the Deep Population History of Central and South America. *Cell* 175: 1185-1197.e22. <https://doi.org/10/gfhwn7>.
- PROUS, A. 2019. *Arqueologia Brasileira: a pré-história e os verdadeiros colonizadores*. 1st ed. Cuiabá - MT: Archaeo; Carlini & Caniato Editorial.
- R CORE TEAM. 2022. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- RAILSBACK, S.F. & V. GRIMM. 2019. *Agent-based and individual-based modeling: a practical introduction*. 2nd edition. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- REYNOLDS, C.W. 1987. Flocks, herds and schools: A distributed behavioral model. *ACM SIGGRAPH Computer Graphics* 21: 25–34. <https://doi.org/10.1145/37402.37406>.
- RIRIS, P. 2010. Predictive modelling in Misiones Province , Argentina using GIS : a case study of the Taquara / Itararé tradition. University of Exeter.

- . 2014. Exploring the spatial structure of pre-Columbian cultural landscapes in the Alto Paraná (Misiones province, Argentina). Phd, University of Southampton. <https://eprints.soton.ac.uk/378118/>.
- ROHR, J.A. 1969. Os sítios arqueológicos do município sul-catarinense de Jaguaruna. *PESQUISAS Antropologia* 22: 1–39.
- . 1984. Sítios arqueológicos de Santa Catarina. *Anais do Museu de Antropologia*: 77–168.
- ROMANOWSKA, I., C.D. WREN & S.A. CRABTREE. 2021. *Agent-based modeling for archaeology. Simulating the Complexity of Societies*. Santa Fe: Santa Fe Institute Press.
- ROOSEVELT, A.C., R.A. HOUSLEY, M.I.D. SILVEIRA, S. MARANCA & R. JOHNSON. 1991. Eighth Millennium Pottery from a Prehistoric Shell Midden in the Brazilian Amazon. *Science* 254. American Association for the Advancement of Science: 1621–24. <https://doi.org/10/cjkr8x>.
- ROSA, R. 2005. Geotecnologias na Geografia Aplicada. *Revista do Departamento de Geografia* 16: 81–90.
- SAHLINS, M. & D. GRAEBER. 2017. *Stone Age Economics*. London: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315184951>.
- SALADINO, A. 2016. A Morte enfeitada: um olhar sobre as práticas mortuárias dos construtores do Sambaqui Cabeçada a partir de um sepultamento infantil. Dissertação (Mestrado), Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- SALDANHA, J.D. de M. 2005. Paisagem, Lugares e Cultura Material: Uma Arqueologia Espacial nas Terras Altas do Sul do Brasil. Pontfícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.
- SANDWEISS, D.H. 2003. Terminal Pleistocene through Mid-Holocene archaeological sites as paleoclimatic archives for the Peruvian coast. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 194: 23–40. <https://doi.org/10/dqcg4>.
- SANTOS, J. dos, R.G. MILHEIRA & J.B. CAMPOS. 2017. Entre rios, dunas, lagoas e o mar: Arqueologia Guarani no litoral sul de Santa Catarina. *Revista de Arqueologia* 30: 28–55. <https://doi.org/10/gjtqfn>.
- SANTOS, H.G., P.K.T. JACOMINE, L.H.C. ANJOS, V.Á. OLIVEIRA, J.F. LUMBRERAS, M.R. COELHO, J.A. ALMEIDA, T.J.F. CUNHA & J.B. OLIVEIRA. 2014. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 4th ed. Brasília: Embrapa.
- SCHEEL-YBERT, R. 2000. Vegetation stability in the Southeastern Brazilian coastal area from 5500 to 1400 14C yr BP deduced from charcoal analysis. *Review of Palaeobotany and Palynology* 110: 111–38. [https://doi.org/10.1016/s0034-6667\(00\)00004-x](https://doi.org/10.1016/s0034-6667(00)00004-x).

- SCHEEL-YBERT, R. 2001. Man and Vegetation in Southeastern Brazil during the Late Holocene. *Journal of Archaeological Science* 28: 471–80. <https://doi.org/10.1006/jasc.2000.0577>.
- SCHEEL-YBERT, R. & C. BOYADJIAN. 2020. Gardens on the coast: Considerations on food production by Brazilian shellmound builders. *Journal of Anthropological Archaeology* 60: 101211. <https://doi.org/10/gg8xg9>.
- SCHEEL-YBERT, R., S. EGGERS, V. WESOLOWSKI, C.C. PETRONILHO, C.H. BOYADJIAN, P.A.D. DEBLASIS, M. BARBOSA-GUIMARÃES & M.D. GASPAR. 2003. Novas perspectivas na reconstituição do modo de vida dos sambaquieiros: uma abordagem multidisciplinar. *Revista de Arqueologia* 16: 109–37. <https://doi.org/10/gg2jff>.
- SCHEEL-YBERT, R., C. RODRIGUES-CARVALHO, P. DEBLASIS, M. GASPAR & D.M. KLOKLER. 2020. Mudanças e permanências no Sambaqui de Cabeçuda (Laguna, SC): das escavações de Castro Faria às questões atuais. *Revista de Arqueologia* 33: 169–97. <https://doi.org/10/gn3482>.
- SCHEEL-YBERT, R., C. BOYADJIAN & T. CAPUCHO. 2022. Por que a sociedade sambaquiana deve ser considerada como de meio termo? *Revista de Arqueologia* 35: 3–31. <https://doi.org/10.24885/sab.v35i3.995>.
- SCHEEL-YBERT, R., V. WESOLOWSKI, M. GASPAR, P. DEBLASIS, C. BOYADJIAN, D. KLOKLER & M. DIGIUSTO. 2023. Duas décadas depois das “Novas perspectivas na reconstituição do modo de vida dos sambaquieiros: uma abordagem multidisciplinar”. *Revista de Arqueologia* 36: 40–63.
- SCHELLING, T.C. 1969. Models of Segregation. *The American Economic Review* 59. American Economic Association: 488–93.
- SCHWENGBER, V.L. 2015. Resgate arqueológico em área de extração de areia na localidade de Sambaqui, Município de Imbituba - SC. Relatório final de pesquisa. Processo 01510.000603/2014-28. Relatório de Pesquisa Relatório Final. Criciúma.
- SILLIMAN, S.W. 2012. Between the Longue Durée and the Short Purée: Postcolonial Archaeologies of Indigenous History in Colonial North America, in *Decolonizing Indigenous Histories. Exploring Prehistoric/Colonial Transitions in Archaeology*: 113–31. Tucson: University of Arizona Press. https://works.bepress.com/stephen_silliman/2/.
- SILVA, M.A.S. da & S.R. LEITES. 2000. Programa Levantamentos Geológicos Básicos do Brasil. Criciúma, Folha SH.22-X-B. Estado de Santa Catarina. Brasília: CPRM - Serviço Geológico do Brasil. <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/8654>.
- SILVA, R.E. da. 2019. (Re)Começando do princípio: o que a arqueografia de uma área funerária do Sambaqui de Cabeçuda pode nos ensinar sobre práticas funerárias sambaquieiras? Text, Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/71/71131/tde-03032020-095721/>. <https://doi.org/10.11606/D.71.2020.tde-03032020-095721>.

- SILVA, O.P. 2018. Relatório Final Salvamento arqueológico na área de implantação de empreendimento imobiliário residencial em Sambaqui, Imbituba-SC. Processo 01510.002740/2016-69. Relatório de Pesquisa Relatório Final. Florianópolis: Gearqueologia Pesquisa Científica.
- SILVA, O.P., A.L. HERBERTS, R. BARTOLOMUCI & J. CAMPOS. 1999. Levantamento do patrimônio histórico, cultural e arqueológico na área de influência das obras de duplicação da rodovia BR101-SC trecho Palhoça/Passo de Torres. Relatório de Pesquisa Relatório Final. Florianópolis: FAPEU/UFSC.
- STARFIELD, A.M., K.A. SMITH & A.L. BLELOCH. 1990. *How to Model It: Problem Solving for the Computer Age*. 3/16/94 edition. Edina, MN, USA: Burgess Intl Group.
- STEWART, J.H. 1955. *Theory of Culture Change. The Methodology of Multilinear Evolution*. Urbana-Champaign: University of Illinois Press.
- STINER, M.C., N.D. MUNRO, T.A. SUROVELL, E. TCHERNOV & O. BAR-YOSEF. 1999. Paleolithic Population Growth Pulses Evidenced by Small Animal Exploitation. *Science* 283. American Association for the Advancement of Science: 190–94. <https://doi.org/10/b7sqbf>.
- STRAHLER, A. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union* 38: 913–20. <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>.
- TALLAVAARA, M. & E.K. JØRGENSEN. 2020. Why are population growth rate estimates of past and present hunter–gatherers so different? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences* 376. Royal Society: 20190708. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0708>.
- THOMAS, J. 2001. Archaeologies of Place and Landscape, in I. Hodder (ed.) *Archaeological Theory Today*: 165–86. Oxford: Polity Press.
- THOMAZ, R.C.C. 2002. O uso de SIG na predição da localização de sítios arqueológicos: um estudo de caso na bacia do Paraná superior. Universidade de São Paulo.
- TILLEY, C. 1994. *A Phenomenology of Landscape - Places, Paths and Monuments*. Providence: Berg Publishers.
- TOBLER, W. 1993. Three Presentations on Geographical Analysis and Modeling: Non-Isotropic Geographic Modeling; Speculations on the Geometry of Geography; and Global Spatial Analysis (93-1). <https://escholarship.org/uc/item/05r820mz>.
- TOPPING, C.J., H.F. ALRØE, K.N. FARRELL & V. GRIMM. 2015. Per Aspera ad Astra: Through Complex Population Modeling to Predictive Theory. *The American Naturalist* 186. The University of Chicago Press: 669–74. <https://doi.org/10.1086/683181>.

- TOSO, A. et al. 2021. Fishing intensification as response to Late Holocene socio-ecological instability in southeastern South America. *Scientific Reports* 11: 23506. <https://doi.org/10/gn348z>.
- TRIGGER, B. 2011. *História do pensamento Arqueológico*. 2nd ed. São Paulo: Odysseus.
- VERHAGEN, P. 2007. *Case Studies in Archaeological Predictive Modelling*. Leiden: Leiden University Press.
- VILLAGRAN, X.S. 2012. Micromorfologia de sítios concheiros da Ameroca do Sul: Arqueostratigrafia e processos de Formação de Sambaquis (Santa Catarina, Brasil) e concheros (Terra do Fogo, Argentina). Text, Universidade de São Paulo. <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44141/tde-24072013-145242/>. <https://doi.org/10.11606/T.44.2012.tde-24072013-145242>.
- VILLAGRAN, X.S. 2014. A redefinition of waste: Deconstructing shell and fish mound formation among coastal groups of southern Brazil. *Journal of Anthropological Archaeology* 36: 211–27. <https://doi.org/10/gf6t5h>.
- VITA-FINZI, C., E.S. HIGGS, D. STURDY, J. HARRISS, A.J. LEGGE & H. TIPPETT. 1970. Prehistoric Economy in the Mount Carmel Area of Palestine: Site Catchment Analysis. *Proceedings of the Prehistoric Society* 36. Cambridge University Press: 1–37. <https://doi.org/10/gf32ws>.
- VORONOI, G. 1908. Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie des formes quadratiques. Premier mémoire. Sur quelques propriétés des formes quadratiques positives parfaites. *Journal für die reine und angewandte Mathematik (Crelles Journal)* 1908. De Gruyter: 97–102. <https://doi.org/10/fckrpc>.
- WAGNER, G., K. HILBERT, D. BANDEIRA, M.C. TENÓRIO & M.M. OKUMURA. 2011. Sambaquis (shell mounds) of the Brazilian coast. *Quaternary International* 239: 51–60. <https://doi.org/10/fk2fhv>.
- WATSON, P.J. 2008. Processualism and After, in R.A. Bentley, H.D.G. Maschner & C. Chippindale (ed.) *Handbook of Archaeological Theories*: 29–38. AltaMira Press.
- WEBSTER, G. 2008. Culture history: a culture-historical approach, in H.D.G. Maschner, C. Chippindale & R.A. Bentley (ed.) *Handbook of archaeological theories*: 11–27. Lanham, MD: AltaMira Press.
- WESCOTT, K.L. & R.J. BRANDON. 2000. *Practical Applications of GIS for Archaeologists* (ed.) K.L. Wescott & R.J. Brandon. London: Taylor & Francis.
- WHEATLEY, D. & M. GILLINGS. 2002. *Spatial Technology and Archaeology: The Archaeological Applications of GIS*. London and New York: Taylor & Francis.
- WHITE, D.A. 2015. The Basics of Least Cost Analysis for Archaeological Applications. *Advances in Archaeological Practice* 3. Cambridge University Press: 407–14. <https://doi.org/10.7183/2326-3768.3.4.407>.

- WILENSKY, U. 1999. NetLogo. Evanston, IL: Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling, Northwestern University.
- WILLEY, G.R. 1953. *Prehistoric Settlement Patterns in the Virú Valley, Peru Bulletin of the Bureau of American Ethnology*. Vol. 155. Washington: Government Printing Office.
- ZEDEÑO, M.N. 1997. Landscapes, land use, and the history of territory formation: An example from the Puebloan southwest. *Journal of Archaeological Method and Theory* 4: 67–103. <https://doi.org/10/bjrrbc>.
- . 2008. The Archaeology of Territory and Territoriality, in B. David & J. Thomas (ed.) *Handbook of Landscape Archaeology*: 210–17. New York: Routledge.
- ZUBROW, E.B. 2006. Digital Archaeology: A historical context, in T.L. Evans & P. Daly (ed.) *Digital Archaeology - Bridging Method and Theory*: 238. London: Routledge.

10. GLOSSÁRIO

Agentes: os indivíduos simulados em um modelo baseado em agentes. São entidades móveis ou imóveis que interagem com o ambiente e com outros indivíduos ao seu redor. Nos modelos baseados em agentes estes indivíduos possuem regras de comportamento aplicadas durante a simulação.

Algoritmo: a sequência de ações executáveis pelo programa de computador.

Aresta: no contexto da análise de redes uma aresta é a linha que conecta dois nós, representando a relação existente entre dois indivíduos.

Arquivo matricial: arquivo utilizado em *softwares* de geoprocessamento para representar imagens em que cada *pixel* corresponde à um valor. O arquivo é uma espécie de matriz de valores, que são traduzidos pelo programa para representar uma imagem. Estes arquivos também são conhecidos como *raster*.

Arquivo vetorial: arquivo utilizado em *softwares* de geoprocessamento para representar feições. Estes arquivos podem ser pontos, linhas ou polígonos. Os pontos, que podem ser vértices nas outras feições geométricas, contém dados de coordenadas geográficas que permitem a sua localização espacial dentro de um sistema de projeção.

Autômato Celular: uma forma de modelo onde uma grade de células, como uma matriz, apresenta estados ligado e desligado. Estas células possuem relações com as células vizinhas e obedecem à conjuntos específicos de regras. Para mais informações ver *Game of Life* (Gardner 1970).

Booleana: um tipo de variável utilizada na computação em que há apenas dois resultados possíveis: verdadeiro ou falso. Utilizada nos modelos desta tese para ações de “ligar” e “desligar” e para verificar situações relacionadas à execução ou não execução de algum procedimento.

Breed: do inglês “espécie” ou “raça”. Utilizada no contexto do NetLogo como um identificador de conjuntos de tipos agentes que possuem regras específicas.

Calibração: no contexto dos modelos baseados em agentes a calibração consiste na utilização de métodos para definir parâmetros a fim de produzir resultados condizentes com padrões observados empiricamente.

Cenário: no contexto dos modelos baseados em agentes um cenário consiste na execução de uma simulação com um conjunto específico de valores para diferentes variáveis. A execução de múltiplos cenários permite comparar resultados e testar os efeitos de diferentes variáveis no sistema como um todo.

Centroide: corresponde ao centro geométrico de um polígono. Nesta tese o centroide está associado às análises de *cluster*, identificando o ponto central do polígono onde estão contidos todos os sítios pertencentes à um grupo específico.

Ciclo de simulação: chamado também de *tick*, corresponde à execução sequencial de cada um dos comportamentos programados.

Cluster: conjunto ou aglomerado. Nesta tese a ideia de *cluster* é utilizada para expressar os conjuntos de sítios identificados nas análises espaciais de proximidade.

Emergência: no contexto dos modelos baseados em agentes e da análise de resultados a partir de uma visão da complexidade, a emergência pode ser entendida como uma propriedade dos modelos onde um efeito inesperado coletivo surge a partir das ações particulares de cada indivíduo. Um exemplo de emergência nos modelos desta pesquisa é o padrão de distribuição igualitária de recursos que surge a partir da ação individual de solidariedade de cada um dos agentes envolvidos no sistema.

Estocástico: no contexto dos modelos baseados em agentes a estocasticidade é uma propriedade dos modelos relacionada à aleatoriedade de resultados. Esta aleatoriedade é resultado da escolha de números aleatórios pelo programa em determinados procedimentos. Como exemplo podemos citar a possibilidade de execução de um procedimento dependente do sorteio aleatório de um número entre 0 e 100.

Geoestatística: é o estudo e análise estatística de variáveis dentro de um contexto espacial. Nesta pesquisa a geoestatística é utilizada para realizar as análises de *cluster*, isto é, da identificação de elementos que permitam agrupar os sítios em conjuntos a partir da sua proximidade espacial.

Geoprocessamento: o geoprocessamento é o método de processamento de dados espaciais. Ele envolve a coleta, o processamento e a integração de dados que possuem um componente espacial e se dá, geralmente, no contexto de algum *software* específico de Sistemas de Informação Geográfica.

Grau Médio: utilizado no contexto das análises de redes o grau médio corresponde ao valor da média do número de arestas conectadas à um nó dentro de uma rede.

Heurística: a heurística é um procedimento mental utilizado para encontrar soluções para problemas. Um exemplo de heurística é a ideia da “Navalha de Occam” que consiste no procedimento de que possivelmente solução mais simples para um problema, é, geralmente a mais correta. No contexto desta pesquisa a heurística é utilizada para pensar sobre os modelos e a forma de representação e solução dos problemas e fenômenos que serão modelados.

Modelo Preditivo Indutivo: o modelo preditivo indutivo nesta pesquisa se refere à modelos preditivos de probabilidade de localização de sítios arqueológicos construídos a partir da avaliação de características conhecidas das áreas onde se localizam sítios arqueológicos. Estes modelos utilizam métodos estatísticos para a definição de um modelo de probabilidade.

Nó: no contexto de análise de redes o nó são os elementos ou indivíduos presentes em uma rede.

Open-access: do inglês “acesso aberto”, corresponde à uma filosofia de disponibilização *online* dos resultados de uma pesquisa científica sem cobranças para ampla divulgação sem limitações.

Parâmetro: os parâmetros são valores constantes utilizados nos modelos para representar algum fenômeno. Como exemplo podemos citar o valor do ângulo do campo de visão de um ser humano utilizado no modelo de mobilidade apresentado nesta pesquisa.

Patches: no contexto dos modelos baseados em agentes os *patches*, são as células ou *pixels* que representam o mundo da simulação. Assim como os agentes eles possuem variáveis próprias e também são capazes de executar procedimentos.

Procedimentos: no contexto da programação os procedimentos são os blocos de código utilizados para executar alguma ação.

Rede: a rede nesta pesquisa está relacionada à análise de redes (*network analysis*) e corresponde à uma estrutura onde indivíduos estão conectados aos outros através de alguma relação. Eles são representados por nós (indivíduos) e arestas (relações), no formato de um grafo.

Seed: semente, em inglês, que no contexto dos modelos utilizados nesta pesquisa corresponde à um valor identificador da simulação. Os números aleatórios utilizados ao longo da simulação são originados a partir deste elemento. A utilização de uma mesma *seed* em diversas execuções da simulação resultarão nos mesmos valores finais, pois os números aleatórios serão sempre os mesmos. Sua utilidade está na possibilidade de comparar efeitos da variação de apenas um parâmetro nas execuções das simulações.

Simulação: no contexto desta pesquisa a simulação é utilizada para os modelos baseados em agentes e representa a execução de um código para reproduzir e/ou investigar um fenômeno. As simulações são uma espécie de modelo, ou seja, uma representação criativa da realidade, que possuem um componente temporal envolvido. Enquanto um modelo geralmente representa o fenômeno de uma forma fixa, uma simulação representa o fenômeno de maneira dinâmica ao longo do tempo.

Sintaxe: na programação a sintaxe é o conjunto de regras que regem a linguagem de programação. Cada linguagem de programação possui a sua sintaxe própria.

Variável: no contexto dos modelos baseados em agentes discutidos nessa tese as variáveis são atributos globais, atributos dos agentes e atributos das células que variam ao longo da simulação.

11. ANEXOS

Anexo 1– Tabela de sítios arqueológicos cadastrados na lagoa Maruí/Mirim e seu entorno

<i>Sítio</i>	<i>Tipo</i>	<i>Município</i>	<i>UTM</i>	<i>CNSA</i>	<i>Referência</i>
Aldeia da Balsinha	Guarani	Imbituba	723864 6881313	SC01087	Silva <i>et al.</i> 1999
Aldeia da ZPE	Guarani	Imbituba	727864 6876354	SC01087	Lavina 1999; Santos <i>et al.</i> 2017
Aldeia do Tuquaruçu	Guarani	Pescaria Brava	705511 6853025	SC01817	Lavina 2003
Alto Arroio	Guarani	Imbituba	725940 6882794	-	Silva <i>et al.</i> 1999
Araçatuba	Guarani	Imbituba	727217 6886890	SC00456	Farias 2012
Arroio I	Guarani	Imbituba	727291 6884592	-	Silva <i>et al.</i> 1999
Arroio II	Guarani	Imbituba	727347 6884548	-	Silva <i>et al.</i> 1999
Awyrá	Guarani	Imbituba	726874 6880844	-	Farias & Kneip 2010
Baixo Rio D'Una I	Guarani	Imbituba	725013 6879716	SC01670	Schwengber 2015
Baixo Rio D'Una II	Guarani	Imbituba	724671 6879751	-	Costa 2020
Balsinha I	Sambaqui	Imbituba	722883 6880895	SC00454	Rohr 1969; Farias & Kneip 2010; Merencio 2021
Balsinha II	Sambaqui	Imbituba	723754 6881376	SC00455	Rohr 1969; Silva <i>et al.</i> 1999; Farias & Kneip 2010
Balsinha III	Sambaqui	Imaruí	-	SC00437	Rohr 1969; Farias & Kneip 2010
Balsinha IV	Sambaqui	Imaruí	721764 6881611	SC00438	Rohr 1969; Silva <i>et al.</i> 1999
Balsinha V	Sambaqui/ Guarani	Imaruí	-	SC00439	Rohr 1984; Farias & Kneip 2010
Balsinha VI	Sambaqui	Imaruí	-	SC00440	Rohr 1984; Farias & Kneip 2010
Balsinha VII	Sambaqui/ Guarani	Imaruí	721261 6884430	SC00441	Rohr 1984; Silva <i>et al.</i> 1999
Barra da Lagoa de Ibiraquera	Sambaqui	Imbituba	731608 6884711	SC00463	Rohr 1969, 1984; Silva <i>et al.</i> 1999; Farias & Kneip 2010
Bentos I	Guarani	Laguna	716540 6856075	-	Farias & Kneip 2010
Bentos II	Guarani	Laguna	716275 6856430	-	Farias & Kneip 2010
Cabeçuda I	Sambaqui	Laguna	712601 6852170	SC00027 SC02855 SC00709	Rohr 1969; Farias & Kneip 2010; Assunção 2010; Saladino 2016; Di Giusto 2017
Cabeçuda II / SC-LG-32 / Mato Alto II	Sambaqui/ Guarani	Laguna	712546 6852183	-	Farias & Kneip 2010; Oliveira 2010; Assunção 2010; Scheel-Ybert <i>et al.</i> 2020

<i>Sítio</i>	<i>Tipo</i>	<i>Município</i>	<i>UTM</i>	<i>CNSA</i>	<i>Referência</i>
Campo da Aviação	Sambaqui	Imbituba	-	SC00449	Farias & Kneip 2010
Campo da Vila	Sambaqui	Imbituba	-	SC00448	Farias & Kneip 2010
Caputera I	Sambaqui	Laguna	716091 6860073	SC00023 SC00721	Piazza 1966a; Silva <i>et al.</i> 1999; Farias & Kneip 2010
Caputera II	Sambaqui	Laguna	716554 6858346	SC00024 SC00722	Piazza 1966a; Silva <i>et al.</i> 1999; Farias & Kneip 2010
Cerâmico Nova Brasília	Guarani	Imbituba	725736 6876186	-	Farias 2012
Cerâmico Nova Brasília II	Guarani	Imbituba	725733 6876064	-	De Masi 2017
Darci Santina de Souza	Guarani	Imbituba	725625 6881695	-	Silva <i>et al.</i> 1999
Dunas da Guaiúba	Guarani	Imbituba	724268 6867331	-	Silva <i>et al.</i> 1999
Engenho	Guarani	Imbituba	725456 6872707	-	Farias 2012
Estreito	Sambaqui	Laguna	719620 6859328	SC00726	Piazza 1966a; Farias & Kneip 2010
Estreito II	Sambaqui	Laguna	719056 6858534	-	Farias & Kneip 2010
Estreito III	Sambaqui	Laguna	719229 6858428	-	Farias & Kneip 2010
Figueira Grande	Sambaqui tardio	Imaruí	-	SC00432	Farias & Kneip 2010
Forquilha do Rio d'Una	Sambaqui	Imaruí	-	SC00434	Farias & Kneip 2010
Guaiúba	Sambaqui	Imbituba	724866 6868045	SC00464	Rohr 1969, 1984; Silva <i>et al.</i> 1999
Imbituba VII	Sambaqui	Imbituba	721701 6865673	SC00465	Rohr 1969, 1984; Silva <i>et al.</i> 1999
Imbituba VIII	Guarani	Imbituba	724470 6880486	SC01691	Silva 2018
Itaguaçu	Sambaqui	Imaruí	-	SC00442	Farias & Kneip 2010
Itapirubá I	Sambaqui	Imbituba	723733 6864038	SC00049 SC00459	Piazza 1966a; Farias & Kneip 2010; Merencio 2021
Itapirubá II	Sambaqui/ Guarani	Imbituba	723520 6864015	SC00050 SC00460	Piazza 1966a; Farias & Kneip 2010; Merencio 2021
Itapirubá III	Sambaqui	Imbituba	723678 6864682	-	Silva <i>et al.</i> 1999
KM 295	Guarani	Imbituba	722920 6865345	-	Farias & Kneip 2010
KM 308	Guarani	Laguna	716307 6855519	-	De Masi 2017
Lagoa de Ibraquera I	Guarani	Imbituba	727070 6886925	-	Banco GRUPEP

<i>Sítio</i>	<i>Tipo</i>	<i>Município</i>	<i>UTM</i>	<i>CNSA</i>	<i>Referência</i>
Laudelino	Sambaqui	Imbituba	-	SC00447	Farias & Kneip 2010
Mirim I	Sambaqui	Imbituba	725476 6874946	SC00046 SC00457	Piazza 1966a; Farias & Kneip 2010; Farias <i>et al.</i> 2012
Mirim II	Sambaqui	Imbituba	-	SC00047 SC00458	Farias & Kneip 2010
N/d1	Sem informação	Imaruí	718968 6867318	-	Banco GRUPEP
N/d2	Sambaqui	Imaruí	708553 6866992	-	Banco GRUPEP
N/d3	Sambaqui	Imaruí	719079 6867155	-	Banco GRUPEP
N/d4	Sem informação	Imbituba	723276 6876072	-	Banco GRUPEP
N/d5	Guarani	Imbituba	728889 6876368	-	Banco GRUPEP
N/d7	Guarani	Laguna	717612 6856439	-	Banco GRUPEP
Nova Brasília - COPAGRO	Guarani	Imbituba	725493 6877980	-	Banco GRUPEP
Nova Brasília I	Guarani	Imbituba	725552 6877723	-	Banco GRUPEP
Oficina Lítica Cabeçuda	Oficina Lítica	Laguna	712500 6852154	-	DeBlasis <i>et al.</i> 2014; Scheel-Ybert <i>et al</i> 2020
Oficina Lítica da Vigia I	Oficina Lítica	Garopaba	734947 6898340	SC01514	Farias 2013
Oficina Lítica da Vigia II	Oficina Lítica	Garopaba	735159 6898571	SC01515	Farias 2013
Passagem do Rio d'Una I	Sambaqui	Imbituba	721820 6877326	SC00045 SC00452	Piazza 1966a; Farias & Kneip 2010
Passagem do Rio d'Una II	Sambaqui	Imbituba	721799 6877421	SC00453	Rohr 1969, 1984; Farias & Kneip 2010
Passagem do Rio d'Una III	Sambaqui	Imbituba	722627 6877436	SC00467	Silva <i>et al.</i> 1999; Farias & Kneip 2010
Passeio Jerônimo Coelho	Sambaqui	Imaruí	-	SC00433	Farias & Kneip 2010
Pedra Chata (Bananal)	Sambaqui tardio	Laguna	711044 6852155	-	DeBlasis <i>et al.</i> 2014; Kneip & Mello 2018
Peixaria	Sambaqui	Laguna	719334 6859518	-	Rohr 1969, 1984; Farias & Kneip 2010
Ponta da Guaiúba	Sambaqui	Imbituba	724126 6868756	SC00048	Rohr 1969, 1984; Silva <i>et al.</i> 1999
Ponta da Vila	Sambaqui	Imbituba	-	-	Farias & Kneip 2010
Ponta das Laranjeiras I	Sambaqui	Pescaria Brava	711494 6853553	-	Rohr 1969, 1984; Farias & Kneip 2010; Assunção 2010

<i>Sítio</i>	<i>Tipo</i>	<i>Município</i>	<i>UTM</i>	<i>CNSA</i>	<i>Referência</i>
Ponta das Laranjeiras II	Sambaqui tardio	Pescaria Brava	711893 6854240	-	Assunção 2010; Kneip & Mello 2018
Ponta das Laranjeiras III	Sem informação	Pescaria Brava	709320 6853725	-	Assunção 2010
Ponta do Perrechil I	Sambaqui	Laguna	715465 6861055	SC00025 SC00724 SC01665	Piazza 1966a; Piazza 1966b; Farias & Kneip 2010
Ponta Rasa	Sambaqui	Imbituba	721652 6865397	SC00446	Piazza 1966a; Silva <i>et al.</i> 1999
Porteira	Sambaqui	Laguna	-	SC00708	Piazza 1966a; Farias & Kneip 2010
Porto da Vila	Sambaqui	Imbituba	724925 6871191	SC00450	Farias & Kneip 2010
Porto da Vila II	Sambaqui	Imbituba	725619 6869934	-	Farias & Kneip 2010; Farias 2012;
Porto do Ouriques	Sambaqui	Imbituba	-	SC00451	Farias & Kneip 2010
Praia da Casa Grande	Sambaqui	Imaruí	713248 6863184	-	Amaral 2002
Praia da Ferrugem	Guarani	Garopaba	733476 6892099	-	Silva <i>et al.</i> 1999
Praia da Vila	Oficina lítica	Imbituba	730429 6874317	-	Silva <i>et al.</i> 1999
Praia do Rosa I	Guarani	Imbituba	731547 6886553	-	Farias & Kneip 2010
Praia do Rosa II	Oficina lítica	Imbituba	731882 6885136	-	Farias & Kneip 2010
Praia do Rosa III	Guarani	Imbituba	731960 6887053	-	Silva <i>et al.</i> 1999
Ribeirão do Cangueri I	Sambaqui	Imaruí	-	SC00435	Farias & Kneip 2010
Ribeirão do Cangueri II	Sambaqui	Imaruí	-	SC00436	Farias & Kneip 2010
Roça Grande I	Sambaqui	Imbituba	-	SC00461	Farias & Kneip 2010
Roça Grande II	Sambaqui	Imbituba	722138 6862623	SC00462	Rohr 1984; Silva <i>et al.</i> 1999
Roça Grande III	Sambaqui	Imbituba	722365 6864407	SC00466	Farias 2012
Roçado	Sambaqui	Laguna	-	SC00711	Rohr 1984; Farias & Kneip 2010
Samambaia I	Sambaqui	Imaruí	707856 6865263	SC00043 SC00429	Piazza 1966a; Farias & Kneip 2010
Samambaia II	Sambaqui	Imaruí	707359 6864863	SC00431	Piazza 1966a; Farias & Kneip 2010
Sambaqui de Araçatuba	Sambaqui	Imbituba	-	SC01148	Farias & Kneip 2010
Sambaqui do Aniversário	Sambaqui	Imbituba	726550 6887384	-	Farias 2012
Sambaqui Vila Nova	Sambaqui	Imbituba	725250 6871764	-	Farias 2012

<i>Sítio</i>	<i>Tipo</i>	<i>Município</i>	<i>UTM</i>	<i>CNSA</i>	<i>Referência</i>
SC-DUN-001	Sambaqui	Garopaba	732330 6888600	-	Pestana & Ribeiro 2016
SC-DUN-002	Oficina Litica	Garopaba	732335 6889180	-	Pestana & Ribeiro 2016
SC-GRP-06 Sítio Ambrósio	Guarani	Garopaba	731626 6897960	-	Farias 2010
SC-IMB-01	Guarani	Imbituba	723694 6880834	SC01511	Farias <i>et al.</i> 2016
SC-IMB-033 Estrondo	Guarani	Imbituba	723694 6880833	-	Farias <i>et al.</i> 2016
SC-IMB-034	Guarani	Imbituba	725776 6881590	-	Banco GRUPEP
SC-LGN-050	Guarani	Laguna	714751 6852908	SC01443	Farias & DeBlasis 2014
SC-NB-01	Guarani	Imbituba	725515 6877650	-	Farias 2012
SC-NB-04	Sambaqui	Imbituba	725549 6877772	-	Farias 2012
SC-NB-06 Fazenda Imbituba	Guarani	Imbituba	724460 6880540	SC01487	Farias <i>et al.</i> 2012
Siqueiro	Sambaqui	Imaruí	-	SC00430	Farias & Kneip 2010
Sítio Guarani 02	Guarani	Imbituba	725625 6877841	-	Farias 2012
Sítio Guarani 03	Guarani	Imbituba	725660 6878520	-	Farias 2012
Tamborete I	Sambaqui	Imaruí	-	SC00443	Farias & Kneip 2010
Tamborete II	Sambaqui	Imaruí	-	SC00444	Farias & Kneip 2010

Anexo 2– Datações dos sítios arqueológicos da lagoa de Imaruí/Mirim e seu entorno.

<i>Sítio</i>	<i>Tipo</i>	<i>C14</i>	<i>cal AP max</i>	<i>cal AP min</i>	<i>Amostra</i>	<i>Laboratório</i>	<i>Referência</i>
Aldeia da ZPE	Guarani	715 ± 75	-	-	sedimento (TL)	-	Lavina 1999; Santos <i>et al.</i> 2017
Aldeia da ZPE	Guarani	810 ± 85	-	-	sedimento (TL)	-	Lavina 1999; Santos <i>et al.</i> 2017
Aldeia da ZPE	Guarani	1050 ± 150	-	-	sedimento (TL)	-	Lavina 1999; Santos <i>et al.</i> 2017
Aldeia da ZPE	Guarani	1000 ± 110	-	-	cerâmica (TL)	-	Lavina 1999; Santos <i>et al.</i> 2017
Aldeia da ZPE	Guarani	1040 ± 110	-	-	cerâmica (TL)	-	Lavina 1999; Santos <i>et al.</i> 2017
Awyrá	Guarani	-	550	490	-	Beta 217834	Farias & Kneip 2010
Awyrá	Guarani	-	650	530	-	Beta 217835	Farias & Kneip 2010
Baixo Rio d' Una I	Guarani	910 ± 30	807	721	carvão	Beta 396226	Schwengber 2015; Novasco <i>et al.</i> 2021
Cabeçuda I	Sambaqui	1800 ± 40	1589	1342	osso humano	Beta 297833	Saladino 2016
Cabeçuda I	Sambaqui	1990 ± 30	1820	1561	osso humano	Beta 297832	Saladino 2016
Cabeçuda I	Sambaqui	2030 ± 30	1841	1605	osso humano	Beta 297831	Saladino 2016
Cabeçuda I	Sambaqui	2290 ± 30	2151	1892	osso humano	Beta 297834	Saladino 2016
Cabeçuda I	Sambaqui	2290 ± 30	1892	2151	osso humano	Beta 383565	Farias & DeBlasis 2014
Cabeçuda I	Sambaqui	2920 ± 30	2937	2729	osso humano	Beta 383567	Farias & DeBlasis 2014
Cabeçuda I	Sambaqui	3030 ± 30	3078	2781	osso humano	Beta 383566	Farias & DeBlasis 2014
Cabeçuda I	Sambaqui	3640 ± 50	3696	3285	concha	Beta 280005	Saladino 2016
Cabeçuda I	Sambaqui	4120 ± 351	5084	3979	carvão	Hannover 167	Geyh & Schneekloth 1964
Cabeçuda I	Sambaqui	3870 ± 40	4155	3831	osso humano	Beta 280009	Saladino 2016
Cabeçuda I	Sambaqui	4020 ± 50	4211	3748	concha	Beta 280007	Saladino 2016
Cabeçuda I	Sambaqui	4180 ± 60	4418	3938	concha	Beta 280006	Saladino 2016
Cabeçuda I	Sambaqui	4180 ± 60	4418	3938	concha	Beta 280008	Saladino 2016
Cabeçuda II	Sambaqui/Guarani	-	630	500	-	Beta 242800	Assunção 2010
Pedra Chata (Bananal)	Sambaqui	2040 ± 30	1701	1365	concha	Beta 383570	Farias & DeBlasis 2014
Ponta das Laranjeiras II	Sambaqui	2010 ± 50			-	Beta 270328	Kneip <i>et al.</i> 2018
Roça Grande II	Sambaqui	-	3970	3810	osso humano	Beta 233159	De Masi 2017

<i>Sítio</i>	<i>Tipo</i>	<i>C14</i>	<i>cal AP max</i>	<i>cal AP min</i>	<i>Amostra</i>	<i>Laboratório</i>	<i>Referência</i>
Roça Grande II	Sambaqui	-	4290	4080	osso humano	Beta 258226	De Masi 2017
Roça Grande II	Sambaqui	-	3960	3950	osso humano	Beta 258227	De Masi 2017
Praia do Rosa I	Guarani	-	640	490	-	Beta 217837	Farias & Kneip 2010
SC-LGN-050	Guarani	470 ± 30	524	448	carvão	Beta 383568	Farias & DeBlasis 2014
SC-LGN-050	Guarani	570 ± 30	558	505	carvão	Beta 383571	Farias & DeBlasis 2014
SC-LGN-050	Guarani	600 ± 30	564	517	carvão	Beta 383569	Farias & DeBlasis 2014
SC-NB-01	Guarani	370 ± 30	470	314	carvão	Beta 322235	Farias 2012
SC-NB-04	Sambaqui/Guarani	3920 ± 30	4417	4229	carvão	Beta 322236	Farias 2012

Anexo 3 – Relatório ODD – Modelo de Mobilidade

Visão Geral

Propósito e padrões

Este modelo tem como propósito simular a movimentação de populações sambaquianas ao longo da região do complexo lagunar do litoral sul-catarinense. Neste modelo adaptamos técnicas de análise de caminhos de menor custo (*Least Cost Path*), comumente utilizadas em ambiente SIG, para um modelo baseado em agentes. A base para esta circulação é feita através de um mapa de custo de deslocamento, produzido no SIG. Os custos de deslocamento foram pensados de acordo com as particularidades do modo de vida das populações sambaquianas, que era intensamente conectado e integrado aos corpos d'água da região. Portanto, muitas vezes os agentes optam pelo trânsito com canoas ao longo das lagoas. Os pontos de partida e destino são aleatórios, o objetivo do modelo não é definir uma rota real de deslocamento entre sítios, mas sim observar as formas de deslocamento na paisagem e as variações conforme diferentes valores de variáveis são experimentados.

Elementos, variáveis e escalas

Agentes/Indivíduos O modelo utiliza dois tipos de agentes, separados pelo uso do comando *breeds* do NetLogo. O primeiro tipo de agente é o viajante (*hiker*), que representa um indivíduo atravessando a paisagem. O segundo tipo de agente é o destino deste viajante (*target*). Os viajantes são representados com o símbolo de uma pessoa e o destino é representado como um triângulo. Apenas os viajantes possuem variáveis próprias: objetivo (*goal*), distância do objetivo (*goal-distance*), caminho (*path*) e uma variável booleana para identificar o término da viagem (*done?*). A simulação inicia com a presença de um viajante e de um destino. Não é possível incluir múltiplos destinos e/ou viajantes na simulação.

Ambiente O ambiente simulado é a região norte do complexo lagunar de Santa Catarina e engloba as lagoas de Imaruí, Mirim, Ibiraquera e Garopaba. Cada célula mapeada possui duas variáveis: custo de movimentação (*travel-cost*) e elevação (*patch-elevation*). O ambiente é carregado a partir do uso da extensão GIS, de arquivos em formato matricial produzido em ambiente SIG, a partir de imagens SRTM da NASA com resolução de 1 arco-segundo (30 metros). Utiliza-se um sistema de projeção de coordenadas planas no sistema UTM SIRGAS 2000, fuso 22S. O mapa de custo de movimentação é produzido com base nas ferramentas de reclassificação, seguindo o

padrão metodológico de análises de *Least Cost Path* (D'Ávila, 2017; Kozłowski & Corteletti, 2019; Llobera et al., 2011; Merencio & DeBlasis, 2021; Riris, 2014, entre outros). O custo de movimentação em cada célula utiliza como base os cálculos de Bell e Lock (2000), onde as maiores declividades possuem o maior custo de movimentação, os corpos hídricos possuem o menor custo de deslocamento a partir da lógica de que comunidades canoeiras como as populações sambaquianas irão optar pelo deslocamento através da lagoa na maior parte das vezes. O modelo também possibilita a seleção de diferentes custos de superfície, produzidos no *software* QGIS previamente, baseados nos cálculos de mobilidade de Tobler (1993), Márquez-Pérez *et al.* (2017) e Garmy *et al.* (2005). O arquivo de visualização do mundo é carregado a partir de um mapa de elevação, com a altimetria regional colorida artificialmente para indicar as áreas de terra e os corpos hídricos. Os dados espaciais são reduzidos em 5 vezes, para facilitar o processamento de dados pelo computador.

Escalas Os ciclos da simulação (*ticks*) não representam nenhuma escala temporal em particular, são apenas etapas de processamento dos procedimentos de movimentação até a chegada no destino final. A escala espacial é um mundo de 248 x 329 células (*patches*), onde cada célula equivale à uma área de 0,0225 km² (150x150 m). A duração da simulação é variável de acordo com a distância do viajante até o seu objetivo.

Visão geral do processo e itinerário da simulação

Ao início de um ciclo os agentes viajantes verificam se o caminho está ou não concluído. Quando o caminho está concluído a simulação acaba. Caso o caminho não esteja concluído os viajantes realizam dois procedimentos: movimentação (*move*) e atualizam o seu caminho (*update-path*). O procedimento de movimentação opera da seguinte maneira: primeiramente obtém-se um valor aleatório entre 0 e 1. Se este valor for maior que a variável de aleatoriedade do movimento (*movement-randomness*) o agente irá se direcionar para o melhor caminho até o objetivo e avançar uma célula. O agente atualiza a sua distância até o objetivo e caso esteja a 1 ou menos *patches* de distância, determina que chegou no objetivo. Caso o valor aleatório seja menor que a variável de aleatoriedade do movimento (*movement-randomness*) o agente se direciona para um caminho aleatório e avança uma célula, atualiza a sua distância até o objetivo e caso esteja a 1 ou menos *patches* de distância, determina que chegou no objetivo. Para

identificar o melhor caminho até o objetivo ou um caminho aleatório são realizados dois procedimentos específicos: *best-way-to-goal* e *random-way-to-goal*.

No procedimento de melhor caminho o agente primeiramente avalia o custo atual da célula em que se encontra, e avalia todas as células que estão em seu campo de visão, que é um cone determinado pelas variáveis de distância visual (*view-distance*) e ângulo de visão (*viewshed*). O agente determina então quais são as melhores células para se movimentar dentro das que estão em seu campo de visão que preenchem dois requisitos: a célula a se mover está mais perto do objetivo e a célula possui um custo de movimentação menor ou igual à célula da posição atual do agente. Caso exista mais de uma célula que preencha esses pré-requisitos, o agente irá escolher uma delas e se mover até lá. O procedimento de caminho aleatório funciona praticamente da mesma forma, porém a célula escolhida não será aquela com menor custo, mas sim uma célula aleatória no campo de visão do agente. A ideia por trás deste procedimento é simular o fato de que os seres humanos nem sempre se movimentam na paisagem de acordo com as regras mais eficientes de movimentação, inserindo uma autonomia nas escolhas de caminhos dos indivíduos.

Conceitos de design

Princípios Gerais Neste modelo os agentes viajantes circulam pela paisagem do complexo laguna, navegando os diferentes ambientes presentes nesse espaço. A individualidade e a estocasticidade são elementos centrais para o modelo. Nosso objetivo não é definir uma rota exata por onde as populações sambaquianas possam ter transitado, mas sim comparar resultados de análises LCP feitas através de *softwares* de geoprocessamento com os resultados de um modelo baseado em agentes. A possibilidade de experimentação com as variáveis permite observar diferentes aspectos que envolvem a mobilidade na paisagem que não são capturados através de outros métodos.

Adaptação A simulação mostra a preferência dos agentes para circular nas áreas de menor custo da paisagem, principalmente circulando pelas lagoas.

Sensoriamento Os agentes ao início da simulação têm conhecimento apenas das áreas diretamente em seu campo de visão. As variações no campo de visão permitem que diferentes caminhos possam ser tomados para chegar em um mesmo objetivo.

Interação Os agentes interagem apenas com o ambiente diretamente no seu campo de visão.

Estocasticidade Os elementos estocásticos no modelo são importantes para simular diferentes comportamentos dos agentes viajantes. Os exemplos de estocasticidade estão ligados à variável de aleatoriedade na movimentação (*movement-randomness*).

Observação As informações do caminho percorrido pelos agentes podem ser exportadas ao final da simulação em um arquivo .csv que pode ser aberto em *softwares* de SIG. O objetivo desta ferramenta é comparar os caminhos sugeridos por um modelo ABM com os caminhos sugeridos pela análise SIG.

Detalhes

Inicialização

O modelo inicializa com a importação dos dados geográficos de altimetria e superfície de custo produzidos no ambiente SIG, utilizando a extensão *gis* do NetLogo. Primeiramente o usuário deve clicar no botão *setup*, para carregar o mundo. O usuário pode então selecionar o modo principal de posição dos agentes clicando no botão *Place agents* e selecionando no mapa primeiro a posição do objetivo (*target*) e depois a posição de início do viajante (*hiker*) clicando nos locais desejados. É possível também clicar no botão *Random routes*, para criar posições iniciais aleatórias para os agentes. A simulação também possibilita a criação de uma nova *seed* para cada simulação ou a manutenção desta *seed* para testar diferentes parâmetros com uma certa regularidade. Esta *seed* está relacionada aos valores utilizados pelo computador para gerar aleatoriedade. Após a definição dos agentes, basta clicar no botão *go* para simular. O botão *go once* permite visualizar ciclo a ciclo as decisões do agente viajante. Os valores *view-distance* e *viewshed* controlam o campo de visão do viajante, a variável *movement-randomness*, controla a aleatoriedade do movimento. Quanto maior o valor, maior a chance de que o agente não opte pelo caminho mais eficiente a cada ciclo. O modelo também possui uma função de escolha de diferentes custos de superfície. Neste caso é necessário que o usuário escolha apenas o ponto de destino final do agente, pois o ponto de partida foi previamente definido como a área de localização do Sambaqui da Cabeçuda, um dos principais sítios arqueológicos da região.

Inputs

O modelo necessita de apenas um *input* externo: os arquivos matriciais e vetoriais com o mapa da área. Esse mapa foi produzido em ambiente SIG, a partir de imagens SRTM da NASA com resolução de 1 arco-segundo (30 metros). Todos os

arquivos necessários para rodar o modelo estão localizados na pasta “data”, que acompanha o diretório principal do modelo.

Observações e referências

A proposta do modelo é explorar a mobilidade das populações sambaquianas no litoral sul-catarinense. Nosso interesse é a comparação de métodos de análise, as rotas aqui produzidas não necessariamente correspondem a rotas reais que essas populações possam ter feito. Futuramente este modelo pode ser expandido levando em consideração outros algoritmos de cálculo de mobilidade para além dos que já são explorados e também com a possibilidade de realizar rotas com múltiplos destinos. Esse modelo baseia seus procedimentos de movimentação e exportação de dados com base nos trabalhos de Grider e Wilensky (2015) com o modelo *Paths* da biblioteca de modelos do NetLogo e também no modelo *Least Cost Path Mobility* de Gravel-Miguel e Wren (2018).

Anexo 4 – Relatório ODD – Modelo de Dinâmicas Sambaquianas

Visão Geral

Propósito e padrões

Este modelo simula dois aspectos da população sambaquiana no complexo lagunar do litoral sul catarinense: a ocupação do território e as possíveis redes de trocas entre as diferentes comunidades. O propósito desta simulação é compreender e explorar as diferentes formas de articulação das comunidades sambaquianas no passado. Este modelo utiliza simplificações para simular os processos de criação de novas áreas de ocupação e também para simular áreas favoráveis para a ocupação humana. Não é um objetivo da simulação prever áreas de maior probabilidade de ocorrência de sítios arqueológicos. Os padrões utilizados para explorar a articulação das comunidades são decorrentes das diferentes estratégias de troca utilizadas pelos agentes. O modelo simula duas formas de trocas, baseadas no trabalho de Sahlins e Graeber (2017): reciprocidade generalizada (*grn?* no modelo) e reciprocidade balanceada (*brn?* no modelo).

Elementos, variáveis e escalas

Agentes/Indivíduos Os agentes utilizados no modelo correspondem à diferentes comunidades sambaquianas. Os agentes são representados por um triângulo colorido e são chamados pelo programa de *shellmounds*. Não estamos propondo que as populações sambaquianas residam diretamente sobre os sambaquis, mas devido à nossa escala espacial de análise, a comunidade inteira é representada por um sambaqui. Os sambaquis possuem quatro variáveis próprias: reputação (*reputation*) e lista de trocas (*trade-list*), utilizadas no sistema de reciprocidade balanceada. A reputação é sempre inicializada com um valor máximo de 0.95 (para evitar problemas de cálculos) e uma lista de trocas vazia. As outras variáveis são: recursos (*resources*) e a probabilidade de troca (*trade-probability*). Os recursos iniciam com um valor 0, pois eles são calculados em um procedimento próprio a cada ciclo. A variável de probabilidade de troca só é utilizada no modo geral (*general?*).

Ambiente O ambiente simulado é a região norte do complexo lagunar de Santa Catarina e engloba as lagoas de Imaruí, Mirim, Ibraquera e Garopaba. Cada célula mapeada possui apenas duas variáveis: aptidão (*suitability*) e elevação (*patch-elevation*). O ambiente é carregado a partir do uso da extensão GIS, de um arquivo em formato matricial produzido em ambiente SIG. Esse arquivo matricial é resultado de uma análise de modelagem preditiva indutiva produzida com um modelo estatístico de regressão

logística. A escala de probabilidade é dividida em cinco grupos, e reclassificada com valores de 0 a 4, de acordo com a maior probabilidade de ocorrência de sítios. A probabilidade de ocorrências de sítios é utilizada como um *proxy* para a quantidade de recursos disponíveis em cada região da área de estudo. A variável de elevação é carregada também a partir de um arquivo matricial pela extensão GIS, que apresenta a altimetria da região. Este arquivo foi obtido a partir das imagens SRTM da NASA, com uma resolução de 1 arco-segundo (30 metros). Esse arquivo matricial é reduzido em 10 vezes para facilitar a execução dos cálculos em computadores comuns. Esses arquivos possuem coordenadas planas no sistema de projeção UTM SIRGAS 2000, fuso 22S.

Escalas A simulação roda em uma escala temporal em que um ciclo (*tick*) equivale a ações que se desenvolvem ao longo de um ano. A escala espacial é um mundo de 124 x 166 células (*patches*), onde cada célula equivale à uma área de 0,09 km² (300 x 300 m). A duração da simulação é de 1000 ciclos (*ticks*).

Visão geral do processo e itinerário da simulação

No início da simulação é necessário primeiramente definir duas coisas: o modo de simulação e a dinâmica de trocas. Os modos de simulação são: geral (*general?*) e linhagens (*lineages?*). No modo de simulação geral todos os sítios são idênticos, com a probabilidade de executarem trocas definida pela variável global *coop-probability*. No modo de simulação de linhagens os sítios estão divididos em quatro conjuntos de linhagens, cada uma com diferentes probabilidades de troca (0%, 25%, 50% e 100%). Após selecionar o modo de simulação, é necessário selecionar a dinâmica de trocas. É possível selecionar ambas as dinâmicas, porém ambas as trocas irão ocorrer em um mesmo ciclo. A dinâmica balanceada (*brn?*) corresponde à uma dinâmica onde espera-se a devolução dos recursos “emprestados”. A probabilidade de aceitação das trocas é determinada por um sistema de reputação correspondente ao pagamento dos credores. A outra dinâmica presente é a troca generalizada (*grn?*), nesta dinâmica os agentes não esperam nenhuma retribuição dos recursos emprestados, porém as trocas só ocorrem entre agentes que possuem alguma conexão, por exemplo, algum laço de parentesco. Estas dinâmicas foram discutidas por Sahlins e Graber (2017) e os algoritmos foram produzidos por Crabtree (2015) e adaptados por Romanowska et al. (2021). A dinâmica generalizada necessita a definição de uma densidade de conexões inicial (*target-density*). Essa variável faz com que na inicialização uma porcentagem dos sítios inicie a simulação com uma

conexão estabelecida. Importante ressaltar que nesta dinâmica as trocas ocorrem apenas entre sítios conectados.

Após a seleção do modo de simulação e da dinâmica de trocas, é possível inicializar a simulação. Os itinerários dos modos de simulação são idênticos, há diferenças de itinerário apenas para as diferentes dinâmicas de troca. O primeiro procedimento realizado em um ciclo sempre é a produção de recursos (*produce-resources*) onde primeiramente obtém-se a média do valor de aptidão (*suitability*) dos *patches* vazios dentro do raio de ocupação (*occupation-radius*) de cada sítio, seguido da escolha de um valor aleatório entre 0 e esta média. Este valor obtido é somado aos recursos atuais de cada sítio.

Em seguida o procedimento realizado é a dinâmica de troca (*brn?* ou *grn?*). No caso da dinâmica balanceada há três procedimentos: o pagamento (*repay-trade*), a atualização da reputação (*reputation-update*) e a troca (*brn-trade*). O pagamento é realizado por todos os agentes que possuem pelo menos um credor em sua lista de trocas (*trade-list*). Enquanto há credores e os recursos próprios do agente são maiores que um, o agente irá pagar o que deve a este credor, retirando um recurso de seu estoque e adicionando um recurso ao estoque do credor. A atualização de reputação ocorre quando há pelo menos um credor presente na lista de trocas (*trade-list*). Primeiro calcula-se o tamanho da lista de credores, multiplicada por 0,05. Esse valor é subtraído da reputação atual do agente. Não há valores negativos de reputação. Caso a lista de trocas esteja vazia, a reputação do agente volta ao máximo de 0,95. Por fim, ocorre a dinâmica de troca (*brn-trade*). Nesse procedimento os agentes que possuem menos de 2 recursos podem realizar uma troca. Caso um valor aleatório entre 0 e 1 seja menor que a sua reputação e menor que a probabilidade de troca, o agente irá pedir um recurso para outro agente que possua mais do que dois recursos. Atualiza-se o total de recursos presentes para os dois agentes envolvidos, o agente credor é inserido na lista de trocas do devedor e uma conexão é criada com os dois. No caso da dinâmica de troca generalizada (*grn?*) há apenas um procedimento, a troca propriamente dita (*grn-trade*). Os agentes que possuem menos de dois recursos e pelo menos uma conexão tem a probabilidade de pedir um recurso a um agente que esteja conectado a ele. Um recurso é retirado do sítio conectado e um recurso é adicionado ao sítio que pediu o recurso.

Após os procedimentos de trocas, há três procedimentos que ocorrem da mesma maneira para cada uma das dinâmicas: o consumo dos recursos (*consume*), o crescimento (*growth*) e a morte (*death*). O procedimento de consumo é realizado com a seleção de um

número aleatório de recursos disponíveis, esse valor é então subtraído do total de recursos. É possível que ocorra um consumo de todos os recursos disponíveis! O procedimento de crescimento ocorre quando há *patches* vazios com aptidão maior ou igual a 1. Caso um número aleatório de 0 a 100 seja menor que a taxa de crescimento (*growth-rate*) e os recursos sejam maiores que o dobro do mínimo para crescimento (*min-resource-split*), um novo agente é criado, com a quantidade de recursos equivalente ao mínimo de recursos para crescimento e com uma conexão com o agente “pai”. O agente inicial perde a quantidade de recursos destinados ao novo agente. O último procedimento do ciclo de simulação é a morte, que ocorre com uma chance aleatória baseada na taxa de mortalidade (*death-rate*) e os recursos sejam iguais a 0.

Conceitos de design

Princípios Gerais Neste modelo os agentes estabelecem relações de cooperação entre si baseado na proposta de uma sociedade sambaquiana heterárquica integrada e interconectada (DeBlasis *et al.* 2021), baseada na gestão compartilhada de recursos de subsistência (Toso *et al.* 2021). As dinâmicas de troca trabalhadas são oriundas dos modelos descritos por Sahlins e Graeber (2017) para diferentes dinâmicas que podem ter sido utilizadas pelas comunidades sambaquianas. O ambiente de modelagem e a aptidão das áreas é gerado a partir de um modelo preditivo indutivo dos sambaquis da região, as áreas de maior aptidão são aquelas em que há maior probabilidade de ocorrência de sambaquis. Essa é uma solução para lidar com a ausência de dados paleoambientais detalhados para recriar uma paisagem pretérita. Os recursos também não se referem a nenhum objeto específico, são apenas uma forma de se criar uma paisagem variada. O objetivo da simulação é observar o padrão emergente de ocupação circum-lagunar observado empiricamente para os sambaquis do litoral sul catarinense.

Adaptação A simulação mostra o compartilhamento de recursos entre as comunidades, mantendo um alto nível de igualdade na distribuição de recursos. Quando observamos as diferentes probabilidades de troca vemos também a diferença de sucesso/crescimento das comunidades. Os sítios novos ocupam áreas ao redor das lagoas e com o crescimento populacional ocupam áreas de menor aptidão.

Sensoriamento Os agentes ao início da simulação têm conhecimento completo de todas as áreas do mundo. No entanto, a exploração dos recursos ocorre apenas nas áreas do entorno dos sítios.

Interação Os agentes interagem com os outros dependendo da dinâmica de troca selecionada. No caso da dinâmica balanceada as interações podem ocorrer entre todos os agentes, com relações especiais acontecendo entre agentes que emprestam recursos aos outros. Na dinâmica generalizada, os agentes interagem apenas com os agentes que estão conectados a eles.

Estocasticidade Alguns elementos estocásticos estão presentes no modelo para garantir diversidade nas simulações. Os exemplos de estocasticidade ocorrem com a captação e consumo de recursos, bem como na probabilidade de ocorrência de trocas.

Observação São coletadas diversas informações para o modelo. Essas observações são principalmente relacionadas com a população, a distribuição de recursos e também análises sobre as redes formadas. A análise de redes é produzida a partir da extensão *network* do NetLogo, e ela reporta a centralidade da rede, a média da distância dos caminhos, o grau médio e a modularidade da rede. Estas informações permitem realizar inferências sobre a articulação das comunidades simuladas.

Detalhes

Inicialização

O modelo inicializa com a importação dos dados dos arquivos matriciais e vetoriais produzidos em ambiente SIG através da extensão *GIS* do NetLogo. A tela de visualização apresenta a altimetria do terreno e as áreas dos corpos d'água. O arquivo matricial com as diferentes aptidões também é carregado e o valor é incorporado às células. Os valores na interface de número inicial de sítios (*n-initial-sites*), probabilidade de troca (*coop-probability*), densidade de conexões (*target-density*), mínimo de recursos para o crescimento (*min-resource-split*), taxa de crescimento (*growth-rate*), taxa de mortalidade (*death-rate*) e raio de ocupação (*occupation-radius*), podem ser alterados conforme desejado para criar diferentes cenários. Os valores pré-determinados são resultantes de testes onde foi possível atingir um cenário de ocupação mais próximo ao padrão empírico dos sítios arqueológicos da região. A simulação também possibilita a criação de uma nova *seed* para cada simulação ou a manutenção desta *seed* para testar diferentes parâmetros com uma certa regularidade. Esta *seed* está relacionada aos valores utilizados pelo computador para gerar aleatoriedade.

Inputs

O modelo necessita de apenas um *input* externo: os arquivos matriciais e vetoriais com o mapa da área. Esse mapa foi produzido em ambiente SIG, a partir de

imagens SRTM da NASA com resolução de 1 arco-segundo (30 metros). Todos os arquivos necessários para rodar o modelo estão localizados na pasta “data”, que acompanha o diretório principal do modelo.

Observações e referências

A proposta deste modelo é reproduzir o padrão de distribuição dos sambaquis do litoral sul catarinense e a rede de articulação das comunidades sambaquianas no ambiente lagunar. Os valores utilizados para as diferentes taxas e probabilidades são genéricos e obtidos através de testagem e *proxies* para replicar o cenário mais parecido com o real. Há diversas possibilidades de expansão do modelo, principalmente com um refinamento dos aspectos que dizem respeito ao mundo simulado, como por exemplo a exploração dos recursos e seus efeitos ambientais, bem como a variação no nível relativo do mar. É interessante testar variações nas dinâmicas de trocas, nas probabilidades de cooperação, raio de ocupação e taxas de crescimento e mortalidade para observar diferenças nos padrões de ocupação e nas redes resultantes. Esse modelo baseia seus procedimentos de dinâmicas de trocas e de criação de linhagens com base no trabalho de Romanowska et al. (2021) e Clark e Crabtree (2015), presentes nos seguintes modelos: *Ger Grouper* e *Network Model*.