atendendo o que preceitua
o parágrafo a do art. 9º
11 do Regulamento desta faculdade,
declaro que este trabalho é
de minha autoria e foi
por mim executado e
redigido.

12 de Setembro 1962

Patricio J V V. Blaney

DEDALUS - Acervo - IGC

30900008215

FISIOGRAFIA E GEOLOGIA DE SUPERFÍCIE

DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

por

Patrick J. V. Delaney

AGRADECIMENTOS

O autor agradece a assistência prestada pelo "Coastal Studies Institute" da "Louisiana State University", Baton Rouge, Louisiana, pelo auxílio financeiro e pela sua total cooperação que permitiu a realização d'êste trabalho.

Agradece especialmente ao Dr. Viktor Leinz, Diretor do Departamento de Geologia e Paleontologia da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras da Universidade de São Paulo, pela sua compreensão, orientação e interêsse nesse estudo.

Deseja ainda agradecer aos vários institutos que com êle colaboraram, entre êles a Escola de Geologia de Pôrto Alegre, a Marinha do Brasil, o Departamento Estadual de Portos Rios e Canais e o Instituto Geologico del Uruguay.

Em particular o autor expressa aqui os seus agradecimentos ao Eng.^o F. Duprat (já falecido) e ao Eng.^o Cícero Vassão, da Escola de Engenharia Industrial de Rio Grande, ao Sr. Boaventura Barcelos, do Centro de Pesquisas Oceanográficas, ao Prof. Josué Camargo Mendes, da Universidade de São Paulo, aos professores Clovis C. Carraro, Paulo Miranda de Figueiredo Filho e Adolpho K. Hanke e aos alunos Amadeu Stringhini e Luís Zanini, da Escola de Geologia de Pôrto Alegre.

ÍNDICE GERAL

	Pgs.
i - Agradecimentos	I
ii - Índice geral	III
iii - Índice de fotografias	V
iv - Índice de tabelas	VI
v - Índice de mapas e figuras	VIII
vi - Resumo	
I - Introdução	1
II - Análise e discussão de trabalhos anteriores	5
A. Trabalhos históricos	5
B. Trabalhos geológicos	5
C. Mapas existentes	10
III - Fisiografia	11
A. Unidades geomórficas e suas subdivisões	11
1. Unidades terrestres	11
a. promontórios	11
b. planícies	14
c. penínsulas	16
d. esporões e esporões recurvados	17
e. deltas	18
f. praias	24
g. campos de dunas	31
h. pântanos de água doce	32
i. cavernas marinhas	33
j. ilhas	33
2. Feições geomórficas aquosas e subaquosas	35
a. oceânicas	35
b. lagunas e lagoas	43
c. embocaduras	53
3. Clima e solos	54
4. Vegetação	56
5. Sambaquis	61
IV - Geologia geral	63
A. Unidades tectônicas maiores	63
B. Rochas pré-quaternárias	65
V - Estratigrafia das formações quaternárias	66
A. Formação Itapoã	67
B. Laterita Serra de Tapes	70
C. Formação Graxaim	71
D. Formação Chuí	75
E. Formação Quinta	79
F. Terraços do Guaíba	83

G. Coluna estratigráfica proposta	83
H. Paleoclimas	86
VI - Tectônica	88
VII - Gênese da Planície Costeira	92
VIII - Conclusões	100
IX - Bibliografia	103
X - Documentação fotográfica	

X DOCUMENTAÇÃO FOTOGRÁFICA

- 1 - Tôrres, o limite da área estudada, vista do Rio Mampituba
- 2 - Paisagem típica da Planície Costeira na região de Tôrres
- 3 - Dunas migrantes transgredindo um capão em Itapeva
- 4 - Plataforma de abrasão típica em Tôrres
- 5 - Diamantina, caverna marinha em Tôrres
- 6 - Guarita, torre de pedra em Tôrres. Note a presença de arenito Botucatu, basalto Serra Geral e areias de praia atuais
- 7 - Talus e conglomerado na praia de Guarita em Tôrres
- 8 - Zonas baixas no campo de dunas durante a estação das chuvas
- 9 - Bem desenvolvida zona de Mytilus em Itapeva
- 10 - Espuma na praia, 200 m. ao sul da embocadura do Rio Mampituba
- 11 - Paisagem típica da Planície Costeira. Note a presença de figueiras com barba de pau
- 12 - Morro Grande, "monadnock" de granito
- 13 - Vista aérea do Morro Grande
- 14 - Morro da Grota visto do sudeste
- 15 - Península de Itapoã vista do estuário do Guaíba
- 16 - Vista aérea do esporão das Desertas
- 17 - Junco e gretas de ressecamento no esporão das Desertas
- 18 - Turfa no esporão das Desertas
- 19 - Vista aérea do esporão das Desertas. No primeiro plano o Morro da Grota
- 20 - Vista aérea do pontal das Desertas. Note a presença da barra de areia que limita a Lagoa do Casamento
- 21 - Sangradouro na praia durante o inverno
- 22 - Vista aérea da praia do Farol na península de Itapoã
- 23 - Praia do Farol, mostrando o "foreland" granítico e a embocadura do Guaíba
- 24 - Praia Barro Duro, mostrando escarpa erosional na formação Gra-xaim
- 25 - Praia Ondinha, perto de São Lourenço do Sul, com migmatitos e gnaisses aflorando na Lagoa dos Patos
- 26 - Caverna marinha entalhada no arenito Botucatu perto da Lagoa Itapeva
- 27 - Ilhas rochosas no estuário do Guaíba
- 28 - Navio encalhado na praia ao sul de Solidão
- 29 - Fragmentos de louça primitiva. Note o tamanho dos grãos de quartzo
- 30 - Fragmentos de igaçaba com ornamentação digital
- 31 - Fragmentos de louça com impressões de unha
- 32 - Fragmento de louça esculpida com gravetos
- 33 - Escarpa da formação Serra Geral perto de Osório

- 34.- Boçoroca na seção-tipo da formação Itapoã
- 35 - Praia do Convento na Ilha Santa Catarina
- 36 - Areia consolidada na seção-tipo da formação Itapoã. Note que a areia retrabalhada está lixiviada
- 37 - Crostas lateríticas na seção-tipo da formação Itapoã
- 38 - Perfil típico de laterita no Km 29 da Estrada Federal BR-2
- 39 - Formação Graxaim na Estrada Federal BR-2, 500 m. ao sul do cruzamento com a estrada para São Lourenço
- 40 - Seção-tipo da formação Quinta
- 41 - Contato da formação quinta com a Graxaim em Barro Duro
- 42 - Argila na praia de Cassino
- 43 - Conglomerado Mampituba, na Estrada Federal BR-59
- 44 - Vista aérea da escarpa de falha Coxilha das Lombas

iv índice de tabelas

- I - Medidas de mergulho de um grupo de dunas de tipo barcana, próximo a São José do Norte
- II - As dez maiores lagunas e lagoas da Planície Costeira
- III - Vazão das principais embocaduras da Planície Costeira
- IV - Plantas e ambientes importantes na Planície Costeira
- V - Análise química do lenhito Conceição
- VI - Comparação granulométrica entre as formações Botucatu e quinta no Rio Grande do Sul, Brasil
- VII - Análise química do diatomito Canoa, ponta da Canoa
- VIII - Números lateríticos de várias localidades da Planície Costeira.

v Índice de Figuras e Mapas

- 1 - situação da Planície Costeira do Rio Grande do Sul na América do Sul
- 2 - Mapa geológico da Planície Costeira do Rio Grande do Sul
- 3 - Limites da Planície Costeira do Rio Grande do Sul
- 4 - Divisões geomorfológicas da Planície Costeira
- 5 - Esporões da Lagoa dos Patos
- 6 - Esporões da Lagoa Mirim
- 7 - Circulação da água na Lagoa dos Patos
- 8 - Delta do Rio Jacuí
- 9 - Perfil do delta do Rio Jacuí
- 10 - Perfis topográficos na região do Rio Grande - Cassino
- 11 - Perfurações e perfis à oeste da barra de Rio Grande
- 12 - Mapa e perfis batimétricos na margem continental da Planície Costeira do Rio Grande do Sul
- 13 - Perfis na área de Capivaras - Várzea
- 14 - Perfil da praia na propriedade de Aldo C. de Mello, Santa Vitória do Palmar
- 15 - Mapa batimétrico na costa de Torres
- 16 - Perfis da Ilha dos Marinheiros no Rio Grande do Sul
- 17 - Sondagens na Ilha dos Marinheiros
- 18 - Iso-halinas das águas oceânicas na costa da Planície Costeira
- 19 - Porto de Rio Grande
- 20 - Posições da barra de Rio Grande em diversas épocas: 1814 - 1849 - 1866 - 1875
- 21 - Posições da barra de Rio Grande em diversas épocas: 1885 - 1888 - 1895 - 1898
- 22 - Posições da barra de Rio Grande em diversas épocas: 1903 - 1908 - 1918 - 1928
- 23 - Volume de areia circundante à barra de Rio Grande
- 24 - Mapa batimétrico do Rio Guaiíba
- 25 - Mapa batimétrico da Lagoa dos Patos
- 26 - Rosas dos ventos anuais gerais
- 27 - Rosas dos ventos anuais por estação
- 28 - Mapa índice dos sambaquis da Planície Costeira do Rio Grande do Sul
- 29 - Poços profundos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul
- 30 - Mapa geológico da homoclinal de Osório
- 31 - Topografia típica da formação Itapoã
- 32 - Curvas de frequência acumulada da formação Itapoã
- 33 - Secção tipo da formação Graxaim
- 34 - Curvas de frequência acumulada da formação Graxaim

- 35 - Curvas de frequência acumulada da formação Chuí
- 36 - Secção tipo da formação Chuí, barra do Chuí, Brasil
- 37 - Mapa geológico da área da secção tipo da formação quinta
- 38 - Curvas de frequência acumulada da formação quinta
- 39 - Bloco-diagrama do conglomerado Mampituba
- 40 - quadro estratigráfico das rochas do quaternário da Planície Costeira do Rio Grande do Sul
- 41 - Diagrama de juntas das rochas que formam o rebordo interno da Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

R E S U M O

Este trabalho refere-se a uma porção da costa leste da América do Sul, uma unidade fisiográfica e geológica aqui denominada a Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

A área referida é uma planície de areia, baixa, tendo por limite leste o Oceano Atlântico, e como limite oeste uma faixa arqueada de terras altas. A última é um limite fisiográfico natural, onde as rochas cristalinas resitentes contrastam com a planície de areia adjacente. As rochas que compõem as terras altas variam em idade do pré-Cambriano ao Jurássico. Geralmente, as mais antigas são ígneas ácidas e metamórficas, as do Paleozoico superior são siltitos, as do Triássico são arenitos eólicos e as do Jurássico são lavas basálticas.

Na Coxilha das Lombas e ao sul de Itapoã afloram rochas ígneas ácidas e metamórficas que atravessam o Guaíba, o que é testemunhado por pequenas ilhas, indo até a Serra de Tapes, onde formam elevações de 100 a 400 m. São Lourenço do Sul é a única localidade na Lagoa dos Patos, ao sul do estuário do Guaíba, onde afloram estas rochas. A faixa arqueada de rochas graníticas e metamórficas passa a oeste de Pelotas, dirige-se até Jaguarão e continua pelo Uruguai, onde encontra o oceano em Santa Tereza.

As rochas do Paleozoico superior não são particularmente importantes na Planície Costeira mas as rochas do Triássico são extremamente importantes.

Elas afloram em duas zonas distintas: (1) na porção sul, oeste e noroeste da Lagoa dos Barros e (2) na faixa arqueada da margem oeste da Lagoa Itapeva, até o oceano em Tôrres. São arenitos eólicos vermelhos à rosa pertencentes à formação Botucatu.

O jurássico é constituído exclusivamente por lavas basálticas da formação Serra Geral, estando presentes na superfície desde a margem norte da Lagoa dos Barros até Tôrres. Testemunhos de basalto foram encontrados em Itapeva e na Ilha dos Lobos.

As unidades geomórficas de maior importância são promontórios, planícies, penínsulas, esporões, esporões recurvados, deltas, praias, campos de dunas, pântanos de água doce, ilhas, plataforma continental, lagunas, lagoas e embocaduras.

Agentes climáticos como temperatura e regime dos ventos tem um papel muito importante na formação de muitas feições fisiográficas.

São tres tipos de sambaquis na Planície Costeira do Rio Grande do Sul: (1) concheiros, (2) restos de cozinha e (3) montículos de terra.

Existem duas unidades tectônicas na Planície Costeira, a bacia de Pelotas e o homoclinal de Osório. A primeira é preenchida de ro-

chas Cenozóicas e a última é constituída por rochas Mesozóicas coberto em parte por rochas quaternárias.

Durante o percurso de mapeamento foram encontradas quatro novas formações as quais são de mais velho para mais jovem: Itapoã, Graxaim, Chuí, e quinta.

- A zona de falhamento formadora da borda leste da planície soerguida de Viamão é denominada sistema de falhas Coxilha das Lombas. Esta pode ser mapeada em superfície pelo menos por 160 quilômetros, possuindo uma escarpa de falha de aproximadamente 50 a 70 metros. As direções de juntas mais importantes são: N 30° - 45° E, N 70° E e N 5° E.

- Os eventos da história da área durante o quaternário são:

- (a) deposição da formação Itapoã
- (b) falhamento Coxilha das Lombas
- (c) Clima quente, úmido, com períodos secos, provocando a formação da laterita Serra de Tapes
- (d) deposição da formação Graxaim com mamíferos fósseis, indicando um ambiente de estepe, semi-árido e frio
- (e) abaixamento do nível do mar provocando escavações e encaixamento dos rios em seus vales
- (f) deposição da formação Chuí e posterior calcificação provocada por um clima mais seco
- (g) gradual epirogenia da porção leste da Planície Costeira e a formação das Grandes Lagunas
- (h) um posterior nível do mar mais alto que é evidenciado por plataformas de abrasão, cavernas marinhas e conglomerados marinhos
- (i) gradual abaixamento do nível do mar até o nível atual, possibilitando o aumento da costa e deixando a abundância de areia que foi transportada pelo vento formando grandes campos de dunas, dunas isoladas, línguas de areia e, indiretamente os principais aspectos fisiográficos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

I - INTRODUÇÃO

A região costeira do Rio Grande do Sul e a porção norte da costa do Uruguai constituem uma das mais vastas províncias fisiográficas do leste da América do sul (fig. 1). Vários cientistas, incluindo autoridades mundiais como Schuman (1953), afirmaram: " ... a região entre a Patagônia e o Rio de Janeiro é uma das regiões do mundo menos conhecidas, no que se refere a fauna costeira". Esta afirmação de relevante importância também é válida em termos de geologia costeira. Durante os últimos cinco anos, o autor teve a oportunidade de estudar esta vasta região, com a finalidade de executar um reconhecimento geral. A área originalmente planejada foi somente a parte brasileira. Mais tarde, pareceu mais lógico incluir a porção uruguaia, abrangendo uma área total de 47.150 km².

A Planície Costeira situa-se no estado do Rio Grande do Sul, Brasil, e na porção norte do Uruguai, estendendo-se de Torres (Brasil) até La Coronilla (Uruguai), (fig. 2). Esta região é consideravelmente mais extensa que as planícies costeiras de outros estados do Brasil, pelo menos até o paralelo de 10° de latitude sul, compreendendo uma das mais longas praias de areia do mundo, com um comprimento de pelo menos 640 km e largura máxima de 120 km (fig. 3).

Em certos aspectos, a Planície Costeira do Rio Grande do Sul é similar à Planície Costeira do Golfo e à Planície Costeira da Carolina, ambas nos Estados Unidos da América do Norte. As similaridades são: (1) restingas (barrier islands) com baías ou lagoas no lado do continente, (2) borda da planície, côncava, (3) litologicamente arenosas, (4) sedimentos pleistocênicos e recentes sobrepostos a sedimentos marinhos terciários e (5) latitudes e climas similares. Apesar destes fatores, difere das outras devido à: (1) restinga mais longa, mais larga e não interrompida, (2) lagoas maiores, (3) direção dos ventos predominantes mais constante e (4) duas correntes oceânicas ao longo da costa, durante diferentes estações do ano. Acredita-se que, no futuro, grande parte do conhecimento adquirido no estudo de processos geomórficos no Rio Grande do Sul possa ser aplicado à interpretação da história geológica dessas duas áreas costeiras. O estudo das lagoas cordiformes trará indubitavelmente novas evidências, que poderão ser aplicadas à controversa origem das "Carolina Bays".

Topograficamente a costa do Rio Grande do Sul é uma planície baixa cujas elevações poucas vezes são maiores do que seis metros. Como exceções, têm-se as cristas de dunas, que podem atingir vinte metros de altura, e os remanescentes de basalto em torres com até 66 metros. Em contraste com a planície, as terras altas circundantes formam declives fortes ou mesmo escarpas abruptas com altitudes

SITUAÇÃO DA PLANÍCIE COSTEIRA
DO RIO GRANDE DO SUL NA
AMÉRICA DO SUL

FIG. 1

MAPA GEOLÓGICO DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

CONVENÇÕES GEOLÓGICAS

ALUVIÕES	Qal
QUINTA	Hq
CHUI	Pc
GRAXAIM	Pg
ITAPOÃ	Pi
SERRA GERAL	Jsg
BOTUCATU	Rb
ROCHAS GONDWÂNICAS NÃO DIFERENCIADAS	GG
ROCHAS CRISTALINAS NÃO DIFERENCIADAS	XX
FALHAS
JUNTAS
CONTATOS

E S C A L A 1:500000

FIG. 2

Fig 2 NORTE

Fig 2 SUL

T
337
78v. f

variando de mais 1.000 m. no norte a mais de 400 m. no sul.

A área em questão é uma planície de areia, baixa, tendo por limite o Oceano Atlântico, e como limite oeste uma faixa arqueada de terras altas. A última é um limite fisiográfico natural, onde as rochas cristalinas resistentes contrastam com a planície de areia adjacente (fig. 3). As rochas que compõem as terras altas variam em idade do Pré-Cambriano ao Jurássico. Geralmente as mais antigas são ígneas ácidas e metamórficas, as do Paleozoico superior são siltitos, as do Triássico são arenitos eólicos e as do Jurássico são lavas basálticas.

Na Coxilha das Lombas e ao sul de Itapoã afloram rochas ígneas ácidas e metamórficas que atravessam o Guaíba, o que é testemunhado por pequenas ilhas, indo até a serra de Tapes, onde formam elevações de 100 a 400 m. São Lourenço do Sul é a única localidade na Lagoa dos Patos, ao sul do estuário do Guaíba, onde afloram estas rochas (fig. 2). A faixa arqueada de rochas graníticas e metamórficas passa a oeste de Pelotas, dirige-se até Jaguarão e continua pelo Uruguai, onde encontra o oceano em Santa Teresa. As rochas graníticas não têm nome, enquanto que as metamórficas estão agrupadas na série Porongos, de idade Pré-Cambriano superior.

As rochas do Paleozoico superior não são particularmente importantes na Planície Costeira, uma vez que afloram somente a oeste da Coxilha das Lombas (fig. 2), sendo consideradas equivalentes à formação Rio do Rasto do Permiano superior. Litologicamente, a formação Rio do Rasto consiste de arenitos e siltitos vermelhos a esbranquiçados.

Extremamente importantes na área são as rochas do Triássico, aflorantes em duas zonas distintas: (1) na porção sul, oeste e noroeste da Lagoa dos Barros e (2) na faixa arqueada da margem oeste da Lagoa Itapeva (fig. 2), até o oceano em Tórres. São arenitos eólicos vermelhos à rosa pertencentes à formação Botucatu.

O Jurássico é constituído exclusivamente por lavas basálticas da formação Serra Geral, estando presentes na superfície desde a margem norte da Lagoa dos Barros até Tórres. Testemunhos de basalto foram encontrados em Itapeva e na Ilha dos Lobos (fig. 2). As litologias, posição estratigráfica e história geológica serão discutidas com maior detalhe no capítulo IV.

FIG. 3

II - ANÁLISE E DISCUSSÃO DE TRABALHOS ANTERIORES

A. Trabalhos históricos

O primeiro trabalho sério sobre a geologia da área foi feito pelo norte-americano Hebert Smith em 1883. As ideias de Smith, bastante bem divulgadas no Brasil, foram as mais aceitáveis sobre a gênese e evolução da Planície Costeira e por este motivo serão consideradas em detalhe. Em 1886 H. von Ihering publicou o primeiro trabalho de valor científico sobre a Lagoa dos Patos. As observações eram principalmente biológicas, mas fez algumas referências sobre temperatura, direção de ventos e salinidade, que são essencialmente as mesmas que serão abordadas em capítulos posteriores. Durante o último quartel do século XIX, a literatura sobre a Planície Costeira versava principalmente sobre a construção dos molhes e estabelecimento do porto da cidade de Rio Grande (Bicalho, 1884 e Ahrons, 1888). Durante a primeira parte do século XX houve discussões científicas sobre a localização geográfica das antigas tribos de índios, a formação de sambaquis e a origem da Lagoa dos Patos. Estas discussões foram assunto para várias publicações e artigos (Paltof, 1900; von Ihering, 1895, 1903 e 1904; Koserits, 1884 e Bischoff, 1887). White, em 1908, descreveu um testemunho litológico de uma sondagem para água, feita em Pelotas em 1856. Devido a cor esverdeada dos sedimentos deu-lhes a idade cretácica, concluindo que a costa do Brasil entre Rio de Janeiro e Rio Grande do Sul era de submergência.

B. Trabalhos geológicos e geográficos

A partir de 1900 foram publicados muitos artigos e livros sobre o assunto, mas nenhum deles trata especificamente da Planície Costeira como um todo. Entretanto, parece útil apresentá-los em ordem cronológica acompanhados de uma pequena anotação. Uma lista completa das obras pode ser encontrada na bibliografia.

1925 GLIESH, Rudolf

- Escreveu um trabalho sobre a fauna de Tórres. Apesar do estudo ser essencialmente zoológico, citou a presença de rochas basálticas que são o principal promontório (headland) da Planície Costeira.

1931 ENGLERT, Luiz

- Chamou a atenção para a grande quantidade de areia, provavelmente de origem marinha, no chamado Litoral Riograndense.

- 1931 FALCONER, Juan D. - Fez um mapeamento das rochas sedimentares no departamento de Cerro Largo, a oeste da Lagoa Mirim.
- 1931 TARGA, Ferruccio - Fez o primeiro perfil topográfico da região.
- 1932 CARVALHO, Paulino F. de - Reescreveu as ideias de White e Smith, incluindo novos dados sobre a ocorrência de fósseis no arroio Piratini, perto da cidade de Pelotas.
- 1932 GLIBSH, Rudolf - Fez estudos sobre a origem dos sambaquis na área de Tôrres.
- 1932 STOCK, T. e WUST, G. - Estudando a batimetria do Atlântico Sul, denominaram Alto Riograndense a um alto topográfico existente no paralelo de Tôrres. Foi o primeiro trabalho oceanográfico sobre esta parte do Atlântico.
- 1939 SPALDING, Walter e AGUIAR, José - Apresentaram uma bibliografia de mapas desde a descoberta do Rio Grande do Sul e Uruguai, bem como a história do desenvolvimento da barra e construção dos molhes de Rio Grande.
- 1940 SERRANO, Antônio - Citou a presença de sambaquis e republicou alguns esboços antigos. A síntese é importante pela definição do verdadeiro sambaqui, tal como é conhecido na moderna literatura geológica brasileira.
- 1942 RAMBO, Balduino - Incluiu em sua obra muitos dados sobre a Planície Costeira, principalmente referentes à sua flora.
- 1943 ALVIN, Paulo A. - Publicou um catálogo petrográfico onde estudou algumas rochas que formam o limite da Planície Costeira.
- 1943 OLIVEIRA, A. I. de e LEONARDOS, Othon H. - No mapa do Quaternário do Brasil incluem a Planície Costeira.
- 1944 COUTO, Carlos de P. - Registrou a presença de mamíferos pleistocênicos na localidade de Cidreira.
- 1944 SERRA, Nicolas - Na memória explicativa do mapa geológico do departamento Treinta y Tres (Uruguai), referiu-se ao Quaternário daquele departamento.

- 1948 LEINZ, Viktor
- 1948 NOGUEIRA, Paulo de C.
- 1949 LEINZ, Viktor
- 1950 NACHADO, Floriano P.
- 1950 SENA SOBRINHO, Mariano
- 1951 CHEBATOROFF, Jorge
- 1951 FREITAS, Ruy O. de
- 1951 PORTO, Jorge
- 1952 CABRAL, Alcindo F.
- 1952 MARTINS, Emmanuel A.
- 1952 MARTINS, Emmanuel A.
- 1952 VASSÃO, Cícero M.
- Descreveu a anomalia da grande quantidade de sedimentos presentes na fossa do rio Camaquã.
 - Descrevendo as feições fisiográficas do Estado delimitou a Planície Costeira, chamando-a Litoral.
 - Descreveu a linha tectônica Tôrres-Posadas e fez considerações sobre a estratigrafia do basalto.
 - Na síntese do clima do Rio Grande do Sul, subdividiu o litoral riograndense em: Litoral Norte, que não sofreu influência dos ventos do oeste e Litoral Sul, que sofreu esta influência.
 - Publicou um relatório sobre acidentes de navegação na costa riograndense, além de um roteiro geográfico e geológico entre Rio Grande e Chuí.
 - Fez uma classificação das zonas fisiográficas do Rio Grande do Sul, denominando-a Planície Costeira do Litoral Riograndense.
 - Escrevendo sobre a tectônica moderna do Brasil, incluiu uma pequena discussão sobre o trabalho de Leinz (1948) e estudou a epirogênese da costa do Brasil e a natureza das fossas na Planície Costeira.
 - Escreveu uma obra sobre a planificação e industrialização da Planície Costeira.
 - Estudou as análises de água da Lagoa Mangueira.
 - Na síntese sobre a geologia riograndense citou a presença de areias quaternárias na Planície Costeira.
 - Descreveu pela primeira vez os fósseis terciários do antigo poço de Pelotas, descrito por White em 1908.
 - Descreveu a localização geográfica e a hidrografia da Lagoa Mangueira.

- 1953 MARTINS, Emmanuel A. - Escreveu uma pequena nota sobre a ocorrência de tórres basálticas em Tórres.
- 1955 PUTZER, Hannfrit - Mapeou uma suposta falha a oeste de Tórres.
- 1955 RHEINGANTZ, Curt - Escreveu sobre um poço de petróleo perfurado em Arroio Grande.
- 1956 RAMBO, Balduino - Na segunda edição de sua obra, incluiu um capítulo mais completo sobre as plantas da Planície Costeira.
- 1957 BUCKUP, Ludwig e BUCKUP, Erica H. - Apresentaram uma lista de moluscos marinhos da Planície Costeira.
- 1957 SIMPSON, Jorge G. e COUTO, Carlos de P. - Citaram a presença de um haplo-mastodonte em Osório.
- 1957 VASSÃO, Cícero M. - Estudou o canal de São Gonçalo, tendo em vista a construção de uma ponte.
- 1958 ANTUNES, Paranho - Escreveu uma pequena nota sobre a presença de restingas na Planície Costeira.
- 1958 CAORSI, Juan H. e GONI, Juan C. - Na "Geologia Uruguaya" descreveram uma parte da Planície Costeira localizada no Uruguai, citando ocorrências de turfa e apresentando análises das mesmas.
- 1958 COSTA, Geraldo T.D. da - Classificou os solos da Planície Costeira.
- 1958 DELANEY, Patrick J.V. - No seu trabalho sobre a "Geologia e Ecologia da Planície Costeira", mostrou as relações das correntes oceânicas nesta zona da América do Sul.
- 1958 PIMENTA, Jean - Descreveu uma suposta brecha de falha em Tórres e a submergência da costa norte do Rio Grande do Sul.
- 1959 CHEBATOROFF, Jorge - Escreveu uma nota geográfica sobre a denominação Rio Guaíba, chamando-o de Estuário Complexo.
- 1959 CUNHA, Fausto L. de S. - Descreveu a fauna mamífera fóssil do município de Santa Vitória do Palmar.
- 1959 MORENO, José A. - No estudo geográfico do balneário Atlântida referiu-se às dunas.
- 1960 ASSIS, Kleber B. de - Escreveu um livro popular sobre o Guaíba.

- 1960 BARCELLOS, Boaventura N. - Apresentaram a primeira carta pes-
queira do Rio Grande do Sul.
e RICHARDSON, Ian D.
- 1960 CLOSS, Darcy e - Descreveram a fauna de foraminífe-
ros da praia de Cassino.
BARBERENA, Mario de C.
- 1960 DELANEY, Patrick J.V. - Descreveu as lagoas cordiformes do
Rio Grande do Sul e fez considera-
ções sobre as correntes oceânicas
ao longo da costa.
- 1960 DELANEY, Patrick J.V. - Descreveu e classificou as lagoas
da Planície Costeira e fez conside-
rações sobre a sua gênese.
- 1960 GHIGNONE, João J. - Fez os primeiros estudos regionais
gravimétricos na bacia de Pelotas.
- 1960 SANFORD, Jack L. e - Estudaram as possibilidades de pe-
tróleo na bacia de Pelotas.
LANGE, Frederico W.
- 1961 KLEIN, Roberto M. - Descreveu a estrutura e os agrupa-
mentos vegetais da mata pluvial a-
tlântica situados no Rio Grande do
Sul.
- 1961 MORENO, José A. - Reclassificou o clima do Rio Grande
do Sul e subdividiu a Planície Cos-
teira diferentemente da maneira fei-
ta por Machado (1950). Esta obra
será comentada no capítulo III.
- 1961 PINTO, Irajá D. e - Descreveram alguns ostracodas da
Planície Costeira.
KOTZIAN, Sonia C.B.
- 1961 PUHL, José - Fez um estudo geográfico sobre os
aspectos dos ventos na Planície Cos-
teira.
- 1961 PUHL, José - Publicou uma nota sobre o paleo-li-
toral do Rio Grande do Sul, discu-
tindo a presença de uma falha bem
como de uma fossa tectônica. Maio-
res considerações aparecerão num ca-
pítulo posterior.
- 1961 RUSCHEL, Ruy R. - Fez uma descrição fisiográfica da
cidade de Tôrres com observações so-
bre a formação de tôrres de pedra.
Este trabalho será comentado num ca-
pítulo posterior.
- 1961 SENA SOBRINHO, Mariano - Publicou um relatório sobre a topo-
grafia, solo e água do banhado do
Taim.

O autor considera estes os mais importantes trabalhos sobre a Planície Costeira. Publicado até 1962, do ponto de vista geológico são os únicos que apresentam observações sobre a área.

C. Mapas existentes

Atualmente quase tôdas as cartas topográficas publicadas no Brasil são executadas por restituição de fotografias aéreas. Tôda a região da Planície Costeira foi recoberta por fotografias aéreas verticais, que podem ser encontradas no Conselho Nacional de Geografia, Serviços Aerofotogramétricos Cruzeiro do Sul, S.A. e Força Aérea Brasileira. As fotografias no sistema trimetrogon foram tiradas pela United States Air Force em 1943. As únicas fotografias aéreas da zona costeira do Uruguai são de alguns vãos isolados nos departamentos de Rocha, Maldonado e Colonia. O principal órgão de mapeamento no Uruguai é o Serviço Geográfico militar.

O Conselho Nacional de Geografia publicou mapas da Planície Costeira nas escalas de 1:500.000 compreendendo as quadrículas de Pôrto Alegre NE, Pôrto Alegre SE, e Lagoa Mirim NO e a Carta do Brasil ao Milionésimo na escala de 1:1.000.000. A triangulação fundamental para todos os mapas é feita pelo Serviço Geográfico do Exército, que está bastante ativo na fase de compilação de mapas. Este órgão presentemente está restituindo as quadrículas de Tramandaí e Rancho Velho na escala de 1:50.000 e as de Pelotas, Albardão, São José do Norte e Mostardas na escala de 1:250.000.

Mapas rodoviários do Estado podem ser encontrados em várias escalas no Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, apresentando normalmente poucas informações sobre a Planície Costeira. Um dos melhores mapas é o publicado pelo Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem em 1957, denominado Carta do Rio Grande do Sul, na escala de 1:500.000, que tendo sido elaborado pela Comissão da Rede/3 pode ser encontrado na mapoteca do departamento acima mencionado. Cartogramas mostrando o estado atual das estradas de rodagem do Estado são publicados regularmente pelo D.A.E.R.

Mapas planimétricos de cada município da Planície Costeira podem ser encontrados na Seção de Geografia da Secretaria de Agricultura, sendo geralmente de pouco valor por apresentarem péssima cartografia e carência de precisão; são úteis para a locação de povoados ou feições geomórficas.

Existem mapas batimétricos da costa publicados pela Marinha do Brasil e também do Uruguai. Alguns dos melhores mapas publicados

pela Diretoria de Hidrografia e Navegação são as cartas número 1, 30, 90 e 2101. O Departamento de Portos Rios e Canais do Ministério de Viação e Obras Públicas e seu equivalente estadual publicaram os mapas: Lagoa dos Patos, Porto de Rio Grande, Rio Guaíba, Delta do Rio Jacuí e Canal de Navegação entre Rio Grande e Porto Alegre, contendo dados batimétricos bastante úteis.

Foram publicadas e revisadas nos Estados Unidos em 1948 e 1951 respectivamente, as "World Aeronautical Chart" números 1384 e 1433, tendo sido efetuada em 1954 a revisão em português da carta número 1384. Mais informações sobre os aeródromos da Planície Costeira podem ser obtidos no Guia Aeronáutico CATAE, do Ministério da Aeronáutica.

Esboços geológicos do estado do Rio Grande do Sul em escalas pequenas foram feitos por Carvalho em 1932, Leinz em 1943 e 1947 e Sena Sobrinho em 1958. Cada um destes autores considerou toda a Planície Costeira como sendo formada por aluviões, ou simplesmente indicando ser do Recente. Mapas geológicos do Uruguai em 1957 e 1958, mostram a área uruguaia da Planície Costeira como pós-pampeana. Um esboço de solos foi publicado por Costa em 1958, mas é tão generalizado que não possui valor real para estudos pedológicos na Planície Costeira. A Comissão de Desenvolvimento do Litoral está com planos de publicar vários mapas desta região, mas até o presente não o fez. Um resumo histórico de todos os mapas antigos publicados desde a descoberta do Rio Grande do Sul pode ser encontrado em Spalding e Aguiar (1939).

III - FISIOGRAFIA

A. Unidades geomórficas e suas subdivisões

1. Unidades terrestres

a. Promontórios:

A área mais bela da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, sob o ponto de vista paisagístico, é o seu promontório norte, ou seja Tôrres. Vista à distância esta localidade parece ser formada por três tôrres rochosas constituídas principalmente por basalto da formação Serra Geral (foto 1). Este possui juntas colunares e apresenta falésias no lado oceânico onde os ventos atuam diretamente. Deve ser salientado que esta é a única ocorrência de basalto aflorante na orla atlântica de toda a costa leste da América do Sul. Entretanto, na costa atlântica da África do Sul, entre 18° e 22° de latitude sul, existem afloramentos similares de basalto e arenitos associados, fato que galvanizou a atenção de certos geólogos como Maack (1952, pp. 364-370) que desenhou comparações entre as forma-

ções gondwânicas da América do Sul e África do Sul.

Existem relativamente poucos trabalhos publicados sobre a área de Tôrres. Gliess (1925) descreveu de modo geral a fauna de Tôrres. Rambo (1942 e 1956) descreveu a flora e a situação geográfica. Nogueira (1948) incluiu Tôrres na região fisiográfica da Planície Costeira. Leinz (1949) discorreu sobre os derrames basálticos na área e fez inúmeras conclusões sobre a tectônica, que posteriormente serão abordadas. Outras notas breves e referências sobre a área são insignificantes em termos de geologia (Chebatoroff, 1951; Martins, 1953, e outros). Putzer (1955) e Pimenta (1958) citaram a presença de falhas na área de Tôrres, o que levará estes trabalhos a serem comentados com maior detalhe mais adiante. O melhor estudo geográfico desta região foi publicado em 1961 por Ruschel, cujas descrições fisiográficas são de valor porém suas conclusões geológicas, geomorfológicas e estruturais são inadequadas.

Praias rochosas foram estudadas detalhadamente nas Ilhas Britânicas, Austrália e Hawaí, portanto detalhes sobre este assunto não serão abordados aqui, restringindo-se o autor a uma descrição geomórfica.

Uma das feições mais interessantes é a presença de um grupo de colinas arredondadas, com declives convexos, ocorrendo próximas ao Rio Mampituba, lagoas Jacará e Itapeva (foto 2). Estas colinas formadas por basalto e arenito encontram-se isoladas, estando circundadas por grandes áreas de acumulações de areia (foto 3). Durante o Quaternário superior permaneceram como ilhas e atualmente situam-se entre 50 e 60 m. de altitude. Usualmente são compostas de arenito coberto por "talus" basáltico na base e capeadas por basalto. A elevação do contato arenito-basalto varia abruptamente de colina para colina, o que levou muitos autores (Putzer, 1955; Pimenta, 1958; Ruschel, 1961 e outros) a atribuírem esta variação como sendo devida ao relevo pré-deposicional do arenito. Esta hipótese será discutida mais detalhadamente numa seção posterior.

No lado oceânico da torre do Centro encontra-se uma plataforma de abrasão bem desenvolvida, cortada no basalto por ondas de tempestade (berms) (foto 4). Próximo a plataforma de abrasão existem duas cavernas marinhas Diamantina (foto 5) e Fuminha além de outra, Portão, situada no extremo norte da torre do Centro. Provavelmente a mais famosa torre de pedra do sul do Brasil é a Guarita (foto 6). Esta é composta por arenito Botucatu com estratificação cruzada na base e basalto com disjunção colunar próximo ao topo, sendo o contato arenito-basalto algo coberto. O arenito exhibe um entalhe oriundo de abrasão (notch), representando um antigo estágio do nível do mar (7 m. mais alto que o atual).

Na base da torre de Fora, extremo sul do grupo, e em todos os

outros penhascos basálticos marinhos ocorrem acumulações de "talus", variando o tamanho dos blocos de poucos centímetros até muitos metros. Estas acumulações foram confundidas por Pimenta (1958, pp. 40-41) com brechas de falha. Entre o talus da torre de Fora e a Guarita ocorre uma praia de seixos (foto 7). A litologia dos blocos mais comumente encontrada é basalto e seixos ocasionais de arenito silicificado ou endurecido, sendo normalmente subangulares e com diâmetros de 8 a 22 cm. A maioria dos seixos são imbricados e parecem ter sido lançados praia a dentro por ondas de tempestades. Estes são os menores fragmentos de basalto clástico possíveis de serem encontrados. Sabe-se que o basalto é muito mais solúvel em água salgada do que em água doce (Joly, 1901), por conseguinte, pouca ou nenhuma areia basáltica é produzida.

Também ocorrem na área de Tórres acumulações de dunas, praias e campos de areia. Uma interessante acumulação de dunas ocorre a barlavento da torre do Meio. Provavelmente esta ocorrência é devida à saltação dos grãos de areia sobre a barreira basáltica e consequente deposição devida à variação na velocidade do vento. A foto 8 mostra lagos temporários formados no campo de dunas próximo a Tórres durante a estação chuvosa.

Uma das mais notáveis ocorrências de zonação de vida na zona litorânea é a existente nas massas rochosas basálticas da área em questão. Esta associação é bastante similar à encontrada nas costas rochosas da Grã-Bretanha cuja divisão clássica é: (1) Littorina, zona superior normalmente difusa no oceano, (2) Balanus, zona intermediária exposta intermitentemente à água e ao ar com cada onda e (3) Laminaria, zona inferior situada constantemente na zona turbulenta da água. No Rio Grande do Sul, cada uma destas zonas está presente. A zona Littorina não é tão bem desenvolvida, contudo ocorre Littorina zigzag, Dilwin. A forma mais comum da América do Sul, Littorina angulifera, Lamarck, não ocorre tão a sul. A zona Balanus é bastante bem desenvolvida, podendo ser dividida numa subzona superior de Mytilus e numa inferior de Balanus. Ambos os tipos de animais ocorrem em cada uma, porém predomina aquele que lhe dá o nome. Em certas áreas como em Itapeva, Mytilus achatinus, Lamarck forma um tapete marron escuro sobre o basalto levemente intemperizado (foto 9).

Uma zona bem desenvolvida de algas marrons ocorre na zona Laminaria. As algas marinhas da zona da linha de costa estendem-se também abaixo do nível inferior da maré e quando completamente crescidas chegam a alcançar cerca de 2 a 3 m. de comprimento, possuindo também a característica de aderirem às rochas areníticas e basálticas formando uma complexa rede de plantas. Ocasionalmente ocorrem grandes acumulações, durando normalmente poucas horas, são mais fre-

quentes próximo à embocadura do Mampituba, provavelmente ocasionadas pela mistura de água doce com salgada e certas relações específicas de tensão superficial.

Aproximadamente 30 km. ao sul do arroio Chuí no Uruguai aparece o promontório sul da Planície Costeira. Este promontório, chamado La Coronilla, contrasta com o de Tórres por ser constituído principalmente por rochas graníticas e migmatitos. Assim, as formas erosionais desta massa rochosa são menos espetaculares que as do promontório norte.

A massa de rocha granítica de La Coronilla aflora no oceano sob a cobertura de um terrço arenoso jovem, que só recentemente permitiu sua exposição às forças erosionais do mar. Contudo, poucas formas de erosão tiveram pleno desenvolvimento, uma vez que granitos e migmatitos não são facilmente erodíveis.

As feições erosionais melhor desenvolvidas em La Coronilla são: (1) uma estreita plataforma de erosão ao pé da massa granítica e (2) dois entalhes bem desenvolvidos provenientes da abrasão, um a 2,5 m. com uma cavidade do tipo alvéolo (blow-hole) e o outro a 5,5 m. A cavidade inferior (2,5 m.) está no mesmo nível de um grupo de pequenas plataformas que podem ser remanescentes de terrços cortados por ondas. Na praia ocorrem abundantes seixos e matações de granito pórfiro com pequenos diques e pegmatitos de quartzo. Os seixos são subangulares e arredondados e os matações são angulares, subangulares e arredondados. Os matações angulares são derivados de zonas de juntas da massa rochosa e foram confundidos por Sena Sobrinho (1950, p. 13) com tilitos de idade permocarbonífera.

b. Planícies:-

Na Planície Costeira existem quatro principais terras baixas que são: (1) a planície arenosa marítima, (2) a planície interior lagunar, (3) a planície soerguida de Viamão e (4) as terras baixas do estuário do Guaíba (fig. 4).

Destas quatro principais, a maior e mais importante é a planície marítima cuja área é de aproximadamente 17.500 km². Esta planície estende-se ao longo da costa, de Tórres até La Coronilla, formando a margem leste de todos os maiores lagos e lagunas da Planície Costeira. É composta por dois terrços arenosos, um mais alto e outro mais baixo que serão discutidos no capítulo V. A foto 11 mostra uma vista da planície marítima no lado oeste da lagoa dos Quadros.

A segunda maior é a planície lagunar, ocupando a margem costeira oeste das grandes lagunas até os limites internos da Planície Costeira (fig. 4). Possui aproximadamente 13.200 km² e é melhor desenvolvida a oeste da Lagoa Mirim no Uruguai. Nem sempre é uma su-

DIVISÕES GEOMORFOLÓGICAS DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

FIG. 4

superfície plana porque colinas arredondadas com direção geral sudeste interrompem a paisagem. Próximo à margem das grandes lagoas e de outros corpos de água, ocorrem frequentemente pântanos de água doce. A litologia mais abundante desta planície é formada por material elástico oriundo de rochas mais velhas e constituído principalmente por conglomerados arcólios, areias quartzosas, argilas cauliniticas bem como saibro, lateritas e rochas cristalinas subordinadamente.

A planície soerguida de Vianão estende-se de Itapoã até o escarpamento basáltico (fig. 4), ocupando uma área de $2,500 \text{ km}^2$ e caracterizando-se por apresentar morros graníticos ressaltados em sua topografia. Próximo à margem nordeste da planície afloram três colinas de basalto compacto. As altitudes vão normalmente de 60 a pouco mais de 100 m, e como se localiza no bloco falhado elevado, recebeu a denominação de planície soerguida de Vianão. Litologicamente predomina nesta área areia quartzosa oxidada, formando uma superfície ondulada de colinas convexas nas quais ocasionalmente ressaltam "monadnock" de granito. As fotos 12 e 13 mostram vistas do "monadnock" Morro Grande.

De menor importância bem como de menor tamanho, é a terra baixa do estuário do Guaíba (fig. 4). Esta pequena região com aproximadamente 500 km^2 circunda o estuário do Guaíba, sendo composta fisiograficamente por dois terraços. Ambos são formados por material arenoso proveniente de três áreas distintas. Esta terra baixa conquanto não seja muito importante em termos de geologia da Planície Costeira, é certamente uma das mais lindas províncias fisiográficas do centro-leste do Rio Grande do Sul e, quando estudada em detalhe, revelará interessantes fatos acerca da geologia, paleogeografia e história do Quaternário do Estado.

c. Penínsulas:-

Uma pequena porém complexa península em forma de barco é Itapoã, a maior feição geográfica terrestre na porção noroeste da Planície Costeira, sendo dotada de uma área de aproximadamente 100 km^2 (fig. 2). As principais feições fisiográficas desta área são: (1) terraços lacustrinos, (2) colinas cristalinas arredondadas com altitudes de 120 a 260 m, (3) a planície arenosa soerguida de Vianão, cujas elevações variam de 90 a 160m, (4) a Lagoa Negra, uma lagoa de água doce com $17,5 \text{ km}^2$ e (5) o esporão arenoso das Desertas. Existem dois tipos de colinas graníticas distintos: (1) colinas de escarpas inclinadas cujos topos são remanescentes da superfície de cimeira (foto 14) e (2) colinas convexas de direção nordeste-sudoeste, formando a margem leste do estuário do Guaíba (foto 15). Um fato interessante é que quando o padrão de juntas principal coincide com a inclinação da colina, esta é sempre abrupta, uma vez que as juntas influenciam no processo de intemperismo e nudação.

A península de Areias Gordas ocorre na parte central da Planície Costeira, sendo arenosa e desabitada (fig. 2) a não ser por pescadores que vivem temporária ou permanentemente próximo às suas praias. A área continental de Areias Gordas (25 km²) não é arável porque dunas de areia movidas pelo vento migram através da península. Suas principais feições fisiográficas são: (1) dunas de areia, (2) anfiteatros e (3) a terra baixa de Ponta Rasa. As dunas migrantes são movimentadas sobre o terraço arenoso mais antigo que atua como plataforma. O principal tipo de duna é a barcana que, quando cessa de migrar, forma grandes anfiteatros dentro dos quais estabelecem-se correntes cruzadas de ventos. Estes carregam quantidades variáveis de areia, causando deflação nos terraços mais velhos e compactos; através deste processo o vento esculpe formas bizarras neste material. Ponta Rasa é um esporão situado na parte noroeste da península e está sendo gradualmente coberto por dunas migrantes de areia. Inúmeros esporões recurvados menores estão sendo formados na margem oeste da península (fig. 2). Além das citadas existem outras penínsulas menores como as pontas da Formiga e Anastácio (fig. 2), possuindo entretanto as mesmas feições geológicas e geográficas que as de Itapoã e Areias Gordas respectivamente.

d. Esporões e esporões recurvados

Um dos esporões encontrados na Planície Costeira é o das Desertas, estendendo-se a sul e leste da península de Itapoã (fig. 2) e (foto 16). É composto quasi que exclusivamente por areia quartzosa de granulação média à fina; contudo, localmente ocorrem acumulações de argila siltica e turfa (fotos 17 e 18). A foto 19 mostra uma vista aérea do esporão. Próximo à sua extremidade encontra-se uma barra de areia parcialmente submersa de direção sudeste com um mínimo de 15 km de comprimento, coberta por cerca de meio metro de água (foto 20). O autor acredita que o desenvolvimento desta barra de areia é devido ao fato de que a Lagoa do Casamento está em processo de segmentação e que a porção de água entre o Rincão do Anastácio e o esporão das Desertas opera hidrograficamente como um lago isolado.

O pontal de Tapes é o maior esporão existente na Planície Costeira, estendendo-se para o sul e sendo dotado de um esporão recurvado em sua extremidade com direção oeste (fig. 2). A projeção sul do esporão possui 27 km de comprimento e o esporão recurvado 7 km. Litologicamente é composto por areia quartzosa que está sendo depositada e retrabalhada pelas ondas e pelo vento, possuindo como feições fisiográficas mais comuns línguas e dunas de areia.

Existem muitos esporões arenosos em cuspide ao longo das praias das lagunas Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim. Os esporões mais importantes na Lagoa dos Patos são as pontas de Bojuru, Cristovão Perei-

ra, Estrêla e Estreito (fig. 5) e da Lagoa Mirim, as pontas da Canoa, Cacimbas, Magro, Pelotas, Rabotieso, Parobé, Sarandi, Cebollati, Paraguai, Escorrega e Afogados (fig. 6).

Esporões em cúspides são pontas triangulares de terra construídas fora da linha de praia por correntes que usualmente são bidirecionais, podendo ser tanto convergentes como de direções variáveis. A figura 7 mostra as prováveis direções de correntes na Lagoa dos Patos e a consequente formação de esporões. Zeonkovitch (1959) elaborou as origens e os processos de desenvolvimento de esporões em cúspide, estando seu esquema geral em concordância com as recentes modificações da Lagoa dos Patos e Mirim. Isto será discutido com mais detalhe numa secção posterior.

e. Deltas:

Existem dois pequenos deltas na Planície Costeira, sendo ambos bastante jovens e não possuindo acumulações espessas de sedimentos. O maior é o do Rio Jacuí localizado nas cabeceiras do vale estuarino do Guaíba e o menor é o do Rio Camaquã localizado na praia oeste da porção sul da Lagoa dos Patos (fig. 2).

O delta estuarino do Rio Jacuí é atualmente não só o deste rio, mas também o de muitos outros como os dos Sinos, Gravataí e Cai (fig. 8). Quarenta quilômetros acima, o Rio Taquari une-se ao Jacuí (fig. 2), sendo crença popular que o primeiro participe como distributário do delta, porém, dada a sua localização isto não é verdadeiro.

Durante a construção da travessia Getúlio Vargas, linha AAI da figura 8 foram realizadas muitas sondagens pelo Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem, com o propósito de elucidar as propriedades físicas das litologias do delta. Com o resultado destas sondagens foi efetuada a seção geológica representada na figura 9, que mostra as relações da rocha sã com o preenchimento sedimentar e a presente superfície do delta. É interessante notar que as rochas são compostas principalmente por "grus", granito e outras rochas cristalinas, exceto na área entre os quilômetros 18 e 22, onde as litologias predominantes são constituídas por folhelhos e siltitos de idade permiana. Assim, o alto encontrado entre os quilômetros 18 e 22 deve ser: (1) remanescentes erosionais, (2) bloco falhado soerguido ou (3) ambos.

O preenchimento sedimentar do delta é extremamente raso possuindo menos de 40 m. de espessura. Os dois fatores provavelmente responsáveis pela pequena acumulação de sedimentos são: (1) nenhum dos rios carrega grande carga e (2) o delta é bastante jovem, não tendo tido tempo suficiente para desenvolver uma acumulação mais es-

FIG. 5

ESPORÕES DA LAGOA MIRIM

FIG. 6

FIG. 7

FIG. 8

FIG. 9

pêssa. Apesar dêste delta ser pouco extenso, contém aspectos fisiográficos típicos de deltas maiores. Alguns dos aspectos deltaicos mais comuns são: (1) diques marginais, (2) línguas de areia fluviiais (point bar), (3) pântanos internos, (4) pântanos de água doce, (5) vegetais flutuantes (flotant), (6) praias, (7) meandros cortados (cut-off) e (8) cursos abandonados.

O delta do Rio Camaquã (fig. 2) é menor que o do Rio Jacuí, mas ainda é fundamentalmente um delta estuarino. Apesar de se conhecer relativamente pouco sobre o mesmo, pode-se observar em fotografias aéreas que o delta do Camaquã é um cuspide na sua porção inferior, possuindo tôdas as características fisiográficas básicas para ser classificado como tal. Seus tres distributários principais são: (1) trio das Tres Bocas, (2) Rio do Braço e (3) Rio Camaquã ou Barra Funda (fig. 2). As principais litologias dêste delta são areias quartzosas e arcóscas além de cascalhos; entretanto, como o Rio Camaquã corta através de todo o escudo Pré-Cambriano do Rio Grande do Sul, encontram-se também nestes sedimentos complexas associações mineralógicas. Numa simples análise de minerais pesados de uma amostra da área deltaica foram encontrados 22 minerais pesados diferentes não opacos. A quantidade de minerais opacos deve ser igualmente numerosa, levando à conclusão de que o delta do Rio Camaquã seria um lugar excelente para prospecção mineralógica.

Existem outros deltas pequenos em certos lagos da Planície Costeira, entretanto são relativamente pouco importantes. Como exemplo dêstes tem-se o delta próximo a Imbé separando a Lagoa de Fora da Lagoa Tramandaí (fig. 2).

f. Praias:

Aproximadamente em todos os corpos de água da Planície Costeira encontram-se praias de areia. Estas são de tipos muito diferentes como: oceânicas com finas areias brancas, estuarinas com areias finas e grosseiras, bem como lagunares e lacustrinas. Mais do que 640 km. de praia com areias brancas ocorrem na planície marítima entre Tôrres e La Coronilla, variando em largura (da linha de água ao campo de dunas) de 100 a 1.000 m. Note-se que no perfil dos molhes e no do Cassino (fig. 10) a posição do campo de dunas em relação à linha de água é extremamente diferente. A figura 11 mostra as litologias encontradas em perfurações ao longo de vários perfis, sendo as mesmas discutidas com mais detalhe numa seção posterior. A inclinação normal da praia e o perfil fora da praia é extremamente suave pois foi encontrada durante períodos calmos uma declividade de 2° , ou 3,4%. Perfis fora da praia feitos pelo Departamento de Portos Rios e Canais ao sul de Tramandaí (fig. 2) mostram que a in-

PERFIS TOPOGRÁFICOS NA REGIÃO RIO GRANDE — CASSINO

FIG. 10

Fig. II

clinação subaquosa é de $3^{\circ}27'$ ou 6%. Na figura 12 podem ser vistos perfis completos através da plataforma.

Existem normalmente duas a quatro linhas de rebentação ao longo da costa, constituindo-se principalmente nas do tipo de rebentação (spilling breakers) com altura de 0,5 a 1,5 m. aproximadamente. Os dois tipos de ondas encontrados são os de oscilação (swell) e de rebentação (spilling). Em dias calmos o período médio de ondas de rebentação é de aproximadamente 5 segundos, enquanto que o de ondas de oscilação é de quasi 10 minutos. Em duas ocasiões distintas foram fincadas estacas em Tramandaí afim de estabelecer-se a área coberta pelas marés. Constatou-se que o intervalo entre as marés é de 1,5 m., medindo o estrirâncio 30,5 m. Um fato interessante acerca das praias desta área é que apesar de serem completamente desprotegidas, quasi não existem praias de tempestade. Isto obviamente é devido à ausência de tormentas importantes (veja a seção clima). Em Cidreira, casas de veraneio construídas a 50 anos e a menos de 100 m. do oceano aberto ainda se encontram firmes.

Durante os períodos chuvosos formam-se sangradouros na praia (foto 21). Estes pequenos canais aparecem porque a água de rolamento acumula-se nas áreas baixas dentro dos campos de dunas e, ao atingir a praia sulcam a areia, transportando-a para o oceano, deixando assim um pequeno canal com um metro de profundidade e algumas dezenas de metros de largura exibindo um distinto padrão anastomosado. Os sangradouros são muito comuns durante os meses de inverno, tornando o tráfego precário. Durante um dia de trabalho de campo no inverno foram encontrados entre Imbé e Tôrres (fig. 2) 200 sangradouros.

Tôdas as praias do Guaíba são tipicamente praias arqueadas circundadas por "forelands" graníticos (foto 22 e 23) e litologicamente são constituídas de areias quartzosas e feldspáticas de granulação grosseira e fina. O material granular grosseiro é derivado localmente da hinterlândia granítica próxima, e a areia quartzosa de uma formação pleistocênica (vide formação Itapoã).

Existem no mínimo quatro tipos de praias lagunares na Planície Costeira. A leste das grandes lagunas a areia quartzosa derivada de formações pleistocênicas forma quasi que tôdas as praias, sendo a área de Areias Gordas (fig. 2) um exemplo típico. Foram feitos perfis nas áreas de Capivaras-Várzea e Ponta Rasa (fig. 13). Nota-se no perfil de Capivaras-Várzea a forma de duna apresentada por tôda a península, e nos perfis de Ponta Rasa a presença de uma formação pleistocênica. Outro bom exemplo dêste tipo de praia é o existente na propriedade de Aldo Costa de Mello em Santa Vitória do Palmar (fig. 14), onde se pode observar a presença de caliche na antiga e oxidada praia pleistocênica. No lado oeste das grandes lagunas as praias mais comuns são do tipo arenoso, arcólicas. Estas são tí-

MAPA E PERFÍS BATIMÉTRICOS NA MARGEM CONTINENTAL DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

Fig. 12

PERFÍS NA ÁREA CAPIVARAS-VÁRZEA

ESCALA DO MAPA

Fig. 13

PERFIL DA PRAIA NA PROPRIEDADE DE ALDO C. DE MELLO SANTA VITÓRIA DO PALMAR

* Acima da Lagoa Mirim durante o período de águas baixas.
Para elevações acima do nível do mar somar 22 metros.

FIG. 14

picamente curtas e planas, terminando numa escarpa formada por rochas pleistocênicas (foto 24). Em São Lourenço aflora granito e migmatito na Lagoa dos Fatos (foto 25) sendo esta a única ocorrência de rocha dura aflorante nas lagoas. Outras praias em todos os outros lagos e lagoas são compostas por areia quartzosa, entretanto não apresentam outros aspectos geológicos que os já descritos.

g. Campos de dunas:

O mais importante fator físico que influencia a morfologia da Planície Costeira é o vento. Suas direções e intensidades serão discutidas numa seção posterior; contudo, a imensa importância deste processo como agente geomórfico também deve ser aqui salientada. Morfológicamente a ação do vento se faz notável por: (1) formar grandes campos de dunas ao longo de toda a costa, (2) formar compridas e lineares línguas de areia, (3) depositar uma fina camada de areia sobre as rochas mais antigas, (4) modificar a forma dos corpos de água e (5) impedir a praia de fixar vegetação.

O grande campo de dunas ao longo da praia está extremamente bem desenvolvido, estando o maior localizado próximo a Mostardas onde possui 12 km. de largura. Entretanto, normalmente varia de 500 m. a 6 km. em largura, sendo geralmente mais estreito no norte e mais largo na porção sul da Planície Costeira.

As elevações das dunas variam de 10 a 25 m., sendo as do tipo seif normalmente mais altas do que as do tipo barcanas.

Tabela I

Medidas de mergulho de um grupo de dunas do tipo barcana próximo a São José do Norte

Declive a Sotavento

Ângulo de mergulho	Frequência
25°	4
29°	4
30°	3
31°	5
32°	6
34°	1

Mergulho médio 30°36'

Total 20

Declive a Barlavento

	Ângulo de mergulho		Frequência
	0°		4
	1°		5
	2°		3
	3°		3
	7°		3
	8°		2
	<hr/>		<hr/>
Mergulho médio	2°48'	Total	20

Ocasionalmente a areia soprada pelo vento motiva problemas aos proprietários de casas da região, pois a mesma pode circundá-las ou cobri-las. Por isso nos setores mais habitados da praia oceânica foram construídos anteparos contra o vento afim de diminuir o movimento da areia.

Na planície arenosa marítima ocorrem muitas línguas lineares de areia soprada pelo vento. Estas equivalem à rosas dos ventos físicas do Recente, pois estão alinhadas exatamente paralelas à direção do vento predominante. numa fotografia aérea tomada próximo a Mostardas (fig. 2) e comparada com a rosa dos ventos de Mostardas, vê-se que as línguas de areia estão alinhadas na direção nordeste, portanto concordantes com a direção predominante do vento na Planície Costeira. Dunas de lagoas e lagunas estão desenvolvidas numa extensão menor a leste da Lagoa Itapeva, sul da Lagoa dos Barros e a leste da Lagoa Mirim (fig. 2), sendo as mesmas menores, mais achatadas e menos móveis do que as dunas oceânicas.

h. Pântanos de água doce:

Na Planície Costeira existem inúmeros pântanos de água doce de tamanhos variáveis. Estes foram objeto de estudos por Sena Sobrinho (1961) e Raabe (1960, comunicação verbal) no Brasil, além de Corsi e Goñi (1958) no Uruguai. Este interesse é devido ao fato de que apesar do Rio Grande do Sul e Uruguai possuírem abundância de terras nem toda é dotada de solos férteis. Assim, através dos anos foram feitos planos tentando recuperar a terra dos pântanos de água doce da Planície Costeira. O maior pântano, o banhado do Taim (fig. 2) está sendo drenado presentemente. Quando este projeto for completado mais de 22.000 hectares de terra supostamente fértil serão utilizáveis para propósitos agrícolas. As litologias presentes nesta área são solos arenosos sujos de cor acinzentada, gradando em profundidade para areias finas amarelas e esverdeadas da planície marítima. Investigações feitas para turfa por Raabe (1960, comuni-

cação verbal) na Planície Costeira ao sul de Porto Alegre deram somente resultados negativos. Os tres tipos de pântanos de água doce mais importantes na área são: (1) bacias de velhos lagos parcialmente secos, como os banhados da Lagoa Negra, Lagoa Mirim e Polotas, (2) cursos de água abandonados em terraços pleistocênicos da planície marítima, como os banhados quinta e Mostardas, (3) cursos de água abandonados na planície lagunar, como os banhados do Colégio, Coqueiro e Pesqueiro. Cada um destes possui uma típica associação floral.

1. Cavernas marinhas:

Existem dois tipos de cavernas marinhas na Planície Costeira: (1) em processo de formação e (2) antigas, topograficamente mais altas, formadas durante um antigo nível do mar. As cavernas marinhas atuais já foram abordadas (foto 5). A única fóssil conhecida é uma entalhada no arenito na porção norte da Planície Costeira próxima a margem noroeste da Lagoa Itapeva (fig. 2). Esta notável caverna marinha possui aproximadamente 6 m. de altura e 75 m. de comprimento (foto 26), acreditando-se ser uma evidência que, durante o último período interglacial, o nível do mar estava mais alto do que atualmente. Este aspecto do problema será discutido com mais detalhe numa seção posterior. Ao norte da Planície Costeira próximo a Sombrio e Morro dos Conventos (Santa Catarina) ocorrem duas notáveis cavernas marinhas. Discussão desta natureza está fora do escopo do presente trabalho, porém será objeto de estudos futuros.

j. Ilhas:

Existem na Planície Costeira numerosas pequenas ilhas tanto de natureza sedimentar como ígnea que podem ser classificadas em tres tipos distintos: (1) ilhas fluviais de composição granítica, (2) ilhas lacustrinas de composição arenosa consolidada e (3) uma ilha oceânica de composição basáltica.

A única ilha oceânica ao longo de toda a Planície Costeira é a dos Lobos, localizada fora da costa de Torres (fig. 2), sendo de relevo baixo, com não mais de 2 m. acima do nível do mar e de composição basáltica. Recebeu o nome Lobos porque durante os meses de inverno é habitada por lobos do mar, focas e leões marinhos. Aliás, o nome Ilha dos Lobos ou Isla de los Lobos é muito comum para ilhas ao longo da costa sudeste da América do Sul, daí encontrar-se em mapas do Brasil, Uruguai e Argentina várias Ilhas dos Lobos. A Ilha dos Lobos é obviamente uma projeção dentro do oceano de rochas basálticas que formam o principal relevo de Torres. A figura 15 mos-

FIG. 15

Fig. 16

Fig. 17

tra uma pequena crista submarina que conecta a Ilha dos Lobos com a torre do Norte. Esta não foi estudada em detalhe, entretanto no trabalho de reconhecimento o autor viu que em ambos os terminais da crista basáltica afloram rochas cuja porção central está coberta por areia quartzosa.

Dentro e próximo à foz do Guaíba ocorrem inúmeras ilhas rochosas de composição granítica. Muitas delas como a das Pombas e a do Junco possuem alguma vegetação enquanto que outras são simples matações aflorantes acima do atual nível das águas (foto 27).

Na porção sul da Lagoa dos Patos e também na Lagoa Mirim são comuns ilhas sedimentares quartzosas. Estas são normalmente desabitadas e possuem próximo às praias uma densa vegetação do tipo pântano. Num esforço de estabelecer a origem destas ilhas efetuou-se um detalhado estudo geológico e geomorfológico da Ilha dos Marinheiros (fig. 2), sendo escolhida esta pela sua acessibilidade distando aproximadamente 3 horas de barco de Rio Grande. As figuras 16 e 17 mostram a forma fisiográfica e composição litológica da ilha, acreditando o autor que seja formada por um antigo terraço pleistocênico posteriormente coberto por areias aluviais e eólicas recentes, além de silte e argila em menor quantidade.

2. Feições geomórficas aquosas e subaquosas

a. Oceânicas:

O Atlântico Sul que bordeja a Planície Costeira foi estudado somente superficialmente. Dados batimétricos referentes à costa da Planície Costeira podem ser encontrados nos mapas 90, 2200 e 2101 da Marinha do Brasil e relativos à área de Torres, num mapa publicado pela Secretaria de Obras Públicas do Estado do Rio Grande do Sul.

A mais importante expedição oceanográfica efetuada ao longo da costa do Rio Grande do Sul foi a Meteor em 1925, quando seu grupo de cientistas descobriu um alto submarino entre 30° e 40° de latitude sul, posteriormente denominado arco submarino riograndense e que vem a ser uma projeção leste da cordilheira do meio Atlântico (Stocks e Must, 1935). Este arco eleva-se de profundidades de - 5.000 a - 4.000 m. para profundidades de - 700 a - 600 m., dividindo efetivamente a porção leste do Atlântico Sul na bacia brasileira ao norte e bacia argentina ao sul. Superimposto ao arco do Rio Grande do Sul existem platôs que talvez indiquem antigos basaltos ou corridas de lavas em almofada.

As únicas outras projeções que se elevam do fundo oceânico são alguns recifes bastante próximos à praia, compostos por material conchoso, possuindo normalmente de 5 a 10 m. de altura e estando de 15 a 20 m. abaixo da superfície oceânica. A figura 12 é uma carta

batimétrica da costa do Rio Grande do Sul compilada a base de mapas e cartas já citadas, incluindo dados recebidos de pescadores da costa. Os perfis mostram um declive acentuado através da borda da plataforma no sul e um mais suave a norte.

Não existem detalhes específicos como cartas batimétricas ou estudos de sedimentos de fundo. Apesar dos sedimentos da plataforma continental serem quasi que completamente desconhecidos, foram obtidas amostras com os pescadores da costa. Estes usualmente notam onde o fundo é areia, lama ou rocha, mas raramente estão interessados suficientemente para tomarem amostras ou registrarem onde efetuaram suas observações. Apesar da escassez de dados, algumas generalizações concernentes aos sedimentos de fundo próximos à praia podem ser feitas: (1) a maior parte da área rasa da plataforma é coberta por areia, (2) as amostras estudadas de argila classificam-na como illita, (3) as rochas são principalmente arenitos hidroclásticos, cimentados com aragonita e (4) foram encontradas rochas ferríferas (goethita e stilpnosiderita), podendo estes minerais terem se formado por precipitação inorgânica direta.

Também são bastante raros dados sobre a salinidade. A figura 18 mostra o padrão geral da distribuição da salinidade para outubro e novembro de 1958. Amostras de água coletadas por pescadores foram analisadas pelo Sr. Boaventura Barcelos, do Museu Oceanográfico de Rio Grande. Estas foram tomadas durante o inverno, quando a corrente Falkland (Malvinas) atuava com primazia fora da costa, mostrando o mapa consequentemente salinidade de crescente em direção ao sul, dada a aumentativa influência da água doce do Rio da Prata.

É sabido que duas principais correntes oceânicas, Falkland de sentido norte, é uma corrente de água fria predominante nos meses de inverno (junho, julho e agosto), enquanto que a do Brasil, de sentido sul, é uma corrente de verão (dezembro, janeiro e fevereiro). Ambas são relativamente fracas pois são ramificações de correntes mais fortes; a do Brasil origina-se da corrente Equatorial e a do Vento Oeste forma a Falkland. Informações publicadas pela Marinha do Brasil (1958) indicam que na realidade são enormes e fracas correntes em redemoinhos, atingindo a praia em lugares amplamente distantes.

Cada corrente oceânica carrega uma fauna relativamente distinta. Frequentemente em ilhas fora da praia e ao longo da costa são encontrados durante o inverno pinguins, focas e leões marinhos; obviamente esta fauna patagônica move-se para o norte com a corrente Falkland. Durante os meses de verão são encontrados nas praias do Rio Grande do Sul animais tropicais como Cracas (Lentis anatifera), indicando o movimento predominante da corrente do Brasil. Estudos sobre a fauna de cada corrente são incompletos, contudo um recente-

ISO-HALINAS DAS ÁGUAS OCEÂNICAS NA COSTA DA PLANÍCIE COSTEIRA.

Fig. 18

mente efetuado e não publicado, de Backup (1959, comunicação verbal) acêrca de carangueijos (Brachyura) no Rio Grande do Sul mostra que aproximadamente 43% das espécies são endêmicas, 41% são típicas da corrente do Brasil, e somente 12% da corrente Falkland. Os moluscos indicam uma fauna fortemente anti-boreal.

Existem outros fatores físicos importantes porém são elementos praticamente desconhecidos como regime de tormentas e variação de marés. Existem poucas tormentas no Rio Grande do Sul, pois a velocidade dos ventos raramente ultrapassa a 40 km/h, sendo a mais frequente 20 km/h. A maior velocidade dos ventos observada pelo Departamento Estadual de Portos Rios e Canais (1959, comunicação verbal) foi de 150 km/h, isto somente uma vez e durante um lapso de tempo muito curto. Assim, a virtual ausência de tempestades tem um efeito geomórfico pronunciado sobre a praia, visível pela ausência de praias de tempestade, terraços temporários (nips), entalhes de abrasão e outros fenômenos similares causados por tormentas periódicas.

A única estação registradora de marés na área está localizada na barra de Rio Grande, cêrca de 6 km. para dentro dos molhes. Esta mede a maré lunar mais aparente, maré dos ventos (efeito do vento na água). Leituras feitas nos últimos 5 anos indicam que a maré média varia em tórno de 1,20 m. Durante uma maré excepcional na primavera, quando o vento estava calmo, foram colocadas estacas na praia de Tramandaí e medido o intervalo da maré. A diferença encontrada em elevação foi de 1,5 m. e constatou-se que o estirâncio media 30,46 m. de largura.

Um dos mais interessantes estudos de engenharia na costa do Brasil é o da barra do Rio Grande. Esta é a embocadura da Lagoa Mirim bem como da Lagoa dos Patos e desde tempos históricos foi estudada com propósitos de navegação. Devido às dificuldades de penetrar a barra ou canal natural até o porto de Rio Grande (fig. 19) foram feitos muitos mapas batimétricos nos anos passados por antigas autoridades portuguesas e francesas. A figura 20 mostra a principal entrada do canal e a forma geral da barra subaquática ou cone detrítico, de 1814 a 1875(*). Como pode ser visto na figura 20 bem como na literatura antiga, a entrada de navios na barra era constantemente mudada devido a sedimentação, movimento de areia ao longo da praia e talvez correntes oceânicas.

(*) Especiais agradecimentos são devidos ao Eng. F. Duprat da Escola de Eng. Ind. de Rio Grande, por organizar, auxiliar e tornar acessível ao autor a coleção de mapas na qual é baseada a discussão a seguir. Também são feitos agradecimentos ao Eng. Cícero Vassão do Dep. Hac. de Portos Rios e Canais por permitir ao autor tirar cópias destes mapas.

FIG. 19

POSIÇÕES DA BARRA DE RIO GRANDE EM DIVERSAS ÉPOCAS

N

ESCALA

FIG. 20

Na última parte do século XIX foi decidida a construção de molhes para fixar a posição do cone detrítico e assim estabilizar o canal de navegação. Após longos e acalorados argumentos políticos que duraram quasi 50 anos, os molhes foram finalmente concluídos em 1918. Mapas batimétricos efetuados anualmente de 1883 a 1956 permitem visualizar os problemas de mobilidade da barra nos dias pré-molhes bem como após o estabelecimento dos mesmos. A figura 21 mostra mapas indicando a batimetria da barra de Rio Grande com intervalos de 5 anos, de 1883 a 1898, onde pode se observar a rápida variação da entrada e as modificações da linha de costa. A figura 22 mostra dois mapas batimétricos da barra pouco antes da construção dos molhes bem como outros dois após a construção, podendo-se observar o enorme efeito estabilizante dos molhes sobre o cone detrítico e a pequena quantidade de sedimentação em 10 anos.

A figura 23 é um interessante diagrama mostrando a relação da quantidade total de areia em relação à posição submersa e emersa dentro das áreas delimitadas pelas figuras 20 e 21. É óbvio que a quantidade de areia emersa é muito maior que a porção submersa, entretanto correspondência dos dois gráficos levam a concluir que a erosão, deposição e períodos de estabilização têm sido cíclicos na área de Rio Grande, e que desde a construção dos molhes obteve-se quasi uma estabilização completa do cone detrítico.

b. Lagunas e lagoas

Hidrográficamente, o Rio Grande do Sul é dividido em duas bacias de drenagem principais: (1) bacia do Rio Uruguai que se lança no estuário do Rio da Prata e (2) o sistema lacustrino que drena diretamente para o Oceano Atlântico.

O último sistema predomina na porção leste do Estado e é o único de importância para a Planície Costeira. Este sistema é chamado lacustrino porque toda a água que cai nesta grande bacia de drenagem passa através de lagos intermediários ou num estágio lagunar, antes de penetrar no Atlântico.

Os maiores rios do leste do Rio Grande do Sul são: Camaquã e Jaguarão, que descarregam respectivamente na Lagoa dos Patos e na Lagoa Mirim; os rios Tramandaí, Mampituba e o arroio Chuí descarregam diretamente na massa oceânica, além do Guaíba em cujas margens está situada Porto Alegre (fig. 24). O último é um amplo vale estuarino na montante do qual desembocam os rios Jacuí, Sinos, Gravataí e Caí.

Existem na área muitas lagunas e lagoas, sendo a maior a Lagoa dos Patos seguida pela Lagoa Mirim. Estes corpos de água ocupam uma área de 13.680 km², tamanho comparável ao Lago Maracaibo na Venezuela, ou levemente menor que o Lago Ontário na América do Norte ou ainda algo maior que o Lago Onegán na Rússia. A Lagoa dos Patos

ESCALA

Fig 22

(9.910 km²) é maior do que uma e meia vez o Lago Salgado dos Estados Unidos. A Lagoa Mirim (3.770 km²) é também uma grande laguna, sendo mais do que tres vezes o Lago Ijsselmeer da Holanda. A tabela II mostra as 10 lagunas e lagoas mais importantes, suas respectivas áreas e profundidade máxima aproximada. Os números em parênteses são panelões.

Tabela II

As 10 maiores lagunas e lagoas da Planície Costeira

Nome	Área (km ²)	Profundidade (m)
1. Lagoa dos Patos	9.910	8,7
2. Lagoa Mirim	3.770	7,0
3. Lagoa da Mangueira	800	7,4
4. "Rio" Guaíba	500	4,0 (40,0)
5. Lagoa dos Quadros	120	5,0
6. Lagoa Itapeva	110	4,0
7. Lagoa dos Barros	100	7,0 (10,0)
8. Lagoa dos Peixes	50	3,0
9. Lagoa da Pinguela	40	3,0
10. Lagoa Tramandaí	30	2,5

Geralmente a profundidade da água é proporcional ao tamanho do lago. A Lagoa dos Patos, próximo ao seu meio possui 8,7 m. de profundidade, havendo no entanto certas exceções como o panelão próximo a Itapoã, cujo fundo está a 40 m. Na Planície Costeira existem centenas de lagos e lagoas de vários tamanhos. Uma vez que estes lagos representam uma feição característica da área, segue uma classificação simples bem como a discussão dos principais corpos de água (fig. 2):

(1) grandes lagunas:

Lagoa dos Patos
Lagoa Mirim

(2) lagoas em rosário:

Lagoa dos Peixes
Lagoa São Simão
Lagoa Rincão dos Veados

(3) grandes lagoas topograficamente relacionadas com rochas mais antigas:

Lagoa dos Barros
Lagoa Itapeva

FIG. 23

FIG. 24

Lagoa dos Quadros

(4) lagoas cordiformes:

Lagoa Pinguela
Lagoa Palmital
Lagoa das Malvas

(5) lagoas pretas:

Lagoa Negra
Laguna Negra

(6) embocaduras:

Barra do Rio Grande
Rio Tramandaí
Rio Mampituba

Nota: esta classificação difere levemente de uma publicada pelo autor (19609 pp. 7-8), uma vez que o trabalho de campo forneceu maiores dados.

As lagunas Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim são grandes e rasos corpos de água conectados com o Atlântico pela barra do Rio Grande, ocupando uma grande área da Planície Costeira. A Lagoa dos Patos está dividida em tres partes distintas: (1) Inferior, compreendida entre a barra de Rio Grande e a barra da Feitoria, (2) Média, indo da barra da Feitoria a Itapoã e (3) Superior, subdividida em duas sub-áreas, a parte mais ao norte ou Lagoa do Casamento e a passagem norte de Itapoã para o Guaíba (fig. 25).

A Lagoa dos Patos Inferior é a mais difícil para a navegação dada a instabilidade do canal e a presença de correntes. A instabilidade é devida fundamentalmente à floculação e deposição de material fino, causando o preenchimento do canal, por isto constantemente estão sendo usadas duas dragas de grande capacidade. A Lagoa dos Patos Média é a mais estável das tres subdivisões, sendo portanto a mais facilmente navegável. O fundo desta parte é constituído principalmente por arcósios, não requerendo dragagem. Navios com calado de 6 m. podem navegar neste trajeto sem dificuldade. A parte Superior nordeste da laguna é muito rasa, sendo seus sedimentos de fundo formados exclusivamente por areias de granulação média a grosseira. A parte noroeste entre Itapoã e o Guaíba também caracteriza-se por ser uma área de instabilidade, necessitando constante dragagem, porque o Guaíba deposita grandes quantidades de areia e silte.

A Lagoa dos Patos possui um gradiente muito baixo (1 m. em 120 km.) o que, aliado ao fato de não carregar grande volume de água de relamento, dá-lhe um caráter de ser praticamente parada; con-

FIG. 25

sequentemente a direção e velocidade dos ventos possuem grande influência sobre a dinâmica das lagoas. A figura 7 mostra a circulação inferida da Lagoa dos Patos.

A distribuição da salinidade dentro das lagoas é primariamente controlada pelos ventos. Por exemplo, na Lagoa dos Patos quando sopram os ventos fortes do sudoeste pode ser encontrada água salobra (mais do que duas partes por mil) até em Itapoã, e quando sopra do norte ou nordeste pode ser encontrada água doce até entre os molses de Rio Grande.

As duas relações vento-água mais importantes são a direção do vento dominante e o "fetch". Ventos que sopram numa direção constante durante um certo tempo sobre uma massa de água tendem a gerar ondas. Estas ondas têm um "spectrum" (relação entre amplitude e período) maior quanto mais longe estão do ponto inicial onde o vento atua (começo do "fetch"). Assim, onde o maior "fetch" e a maior intensidade de direção de ventos coincidem, a lagoa é mais profunda e mais larga. Portanto, após a água ter-se acumulado na lagoa, o vento teve o papel mais importante no que tange a modelar a forma geral da Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim.

Outras interessantes lagoas presentes na Planície Costeira são as denominadas lagoas em rosário. São alongadas e localizam-se na parte inferior a leste da escarpa erosional de Mostardas, entre Cidreira e Bojuru. Elas são alimentadas por água de rolamento, de chuva, bem como de fontes ascendentes locadas ao longo da escarpa. Frequentemente estas lagoas são adjacentes à escarpa e em muitos casos tendem a modificá-la por erosão. A forma de erosão mais comum nestes casos é por solapamento basal das ribanceiras (bank caving). A Lagoa dos Peixes é a maior deste tipo, possuindo 30 km. de comprimento e ocupando uma área de 50 km². Ocasionalmente sua embocadura é bloqueada por areia em movimento ao longo da praia. Quando isto acontece ocorrem enchentes na lagoa, por isto, durante os últimos dois anos a embocadura foi mantida aberta por dragagem.

A gênese das lagoas em rosário é acreditada estar relacionada com a antiga escarpa e a presença de grandes dunas movidas pelo vento. Imediatamente após a regressão do oceano durante o último período glacial, formou-se uma baixada topográfica a leste da escarpa. Nesta depressão foi coletada água de rolamento, de chuva e de fontes. Posteriormente formaram-se dunas na praia, e a área da bacia de drenagem foi aumentada porque a água pluvial que caía sobre os campos de dunas fluía diretamente para o interior, tornando-a mais profunda. Durante um período posterior de desenvolvimento, as lagoas tornaram-se maiores porque o vento iniciou a ação das ondas contra o lado oeste, uma vez que sopra mais frequentemente do leste, onde as mesmas encontraram areias pleistocênicas facilmente erodí-

veis. As ondas gradualmente cortaram os bancos desta areia semi-consolidada provocando solapamento das ribanceiras e causando uma diminuição geral de profundidade na margem oeste. A margem leste provavelmente foi tornada mais rasa por infiltração da areia trazida das dunas migrantes.

Existem tres grandes lagos na parte setentrional da Planície Costeira que são a Lagoa dos Barros, dos Quadros e Itapeva (fig. 2). A origem destes ainda não é bem conhecida, entretanto duas generalizações básicas concernentes aos mesmos podem ser feitas: (1) todos estão relacionados com rochas mais antigas e (2) foram grandemente modificados pela ação de ondas geradas por ventos. A Lagoa dos Barros, por exemplo, possui normalmente 8,5 m. de profundidade (Delaney, 1960, fig. 3). A única exceção é um painel na parte norte do lago, provavelmente relacionado com falhamento. De um modo geral sua forma é similar a de uma grande frigideira, mais inclinada nas margens e achatada no fundo. Nas porções noroeste e sul aflora o arenito Botucatu, enquanto que ao norte ocorre talus basáltico. Este lago possui somente uma embocadura efetiva, um pequeno arroio no sul, que drena posteriormente para a Lagoa dos Patos.

As lagoas Itapeva e dos Quadros mostram também algumas feições similares, isto é, são grandes lagos bordeados por basaltos Serra Geral e arenito Botucatu, possuindo poucas embocaduras efetivas. Todos os tres mostram importantes modificações resultantes da ação de ondas, as quais podem ser relacionadas com o "fetch" e a direção predominante dos ventos. A mais importante é um leve arredondamento da porção sul destes lagos. A leste da Lagoa dos Quadros e Itapeva ocorrem múltiplas colinas de areia que ainda não foram mapeadas e cuja relação com os lagos não é conhecida.

As lagoas cordiformes estão situadas na porção norte da Planície Costeira, principalmente entre as cidades de Cidreira e Tôrres (fig. 2). Estas foram notadas e descritas pela primeira vez pelo autor (1960) que as denominou cordiformes dada a sua semelhança com o formato de um coração, estando alinhadas de tal forma que têm a ponta voltada para o sul e a base para o norte. Existem no mínimo 32 lagoas em forma de coração dentro desta área. Ocasionalmente existem lagoas com forma de dois corações como as Lagoas Pinguela, Palmital e das Malvas, cuja forma parece ser devida à simples coalescência de dois lagos. Acredita-se que se formaram em áreas topograficamente mais baixas e que mais tarde tornaram-se pequenas bacias com drenagem interna, porque a migração das dunas gradualmente bloqueou todas as embocaduras, impedindo a comunicação com o mar. Então, águas de chuva e rolamento teriam sido coletadas nesta área e sujeitas à ação do vento. O vento deve ter iniciado a ação das ondas e conseqüente erosão primeiro num lado e posteriormente no ou-

tro, desenvolvendo praias ao longo do perímetro da lagoa. Uma vez que o "fetch" nas lagoas é pequeno e as direções do vento provém de setores diferentes, o poder erosivo das ondas é limitado e portanto, o fundo das lagoas cordiformes é raso possuindo profundidade máxima de 4 m. e média de 2 a 3 m. O vento sopra mais frequentemente do nordeste e oeste, portanto a direita, esquerda e ponta do coração são bem desenvolvidas, porém a base que está ao norte, não é possível de desenvolvimento porque os ventos oriundos do sul são pouco frequentes.

Estes mesmos fatores causaram modificações nas partes meridionais das Lagoas dos Barros, dos Quadros e Itapeva, fazendo-as parecerem-se com lagoas cordiformes (fig. 2). A tendência geral das mesmas é alargarem-se e tornarem-se menos profundas o que é verdadeiro, exceto nos casos onde estão próximas à praia e têm sido modificadas por areia em movimento. Outro tipo interessante, porém raramente encontrado na Planície Costeira são as lagoas pretas. As duas ocorrências principais de lagoas pretas são: (1) Lagoa Negra na porção meridional da península de Itapoã e (2) Laguna Negra ou Lagoa de los Defuntos, próxima a Santa Tereza no departamento de Rocha, Uruguai (fig. 2). Parece que a água destas lagoas é escura porque os fundos são litologias pantanosas semi-endurecidas. Assim, o vento soprando sobre suas águas rasas agita os sedimentos de fundo, provocando a elevação do humus, que em suspensão tinge a água, deixando-a negra.

c. Embocaduras:

Existem somente tres embocaduras de importância dentro da área: (1) Rio Grande, (2) Tramandaí e (3) Mampituba.

A embocadura de Rio Grande possui um canal suficientemente fundo (12 a 16 m.) para permitir a entrada de grandes transatlânticos ao porto de Rio Grande (fig. 19). O canal é mantido aberto por dragagem, requerendo esta operação a utilização constante de duas dragas de grande capacidade, porque é contínua a deposição de sedimentos no canal. Isto é motivado pela variação de salinidade dentro do canal (entre 1 e 34 partes por mil), fazendo com que os sedimentos argilosos trazidos pela água doce da Lagoa dos Patos floculem ao entrar em contato com a água salobra ou salgada. Assim, esta floculação pode ter lugar em qualquer ponto ao longo dos 16 km. da embocadura ou bastante mais no interior, quando ocorre a penetração da água salgada. O canal da embocadura tende a permanecer próximo ao banco oeste, dando a esta área consideravelmente maior profundidade, 12 a 16 m., do que no banco leste que possui 1 a 2 m. ou menos. Não foram feitos estudos em detalhe, contudo foram examinadas

fotografias aéreas da embocadura de Tramandaí e mapas antigos da embocadura de Rio Grande, que em cada caso migraram para o sul. Este processo será discutido numa seção posterior. As embocaduras em Tramandaí e Mampituba serão estudadas nos próximos cinco anos pelo Departamento Estadual de Portos Rios e Canais.

Existem também nestas áreas pequenas baías de marés denominadas sacos, como por exemplo o Saco da Mangueira (fig. 2), cuja profundidade máxima é de 3 m.

Vazões são feições importantes na hidrologia da Planície Costeira, contudo são virtualmente desconhecidas. Estimativas de vazões para o Guaíba, embocadura de Rio Grande e Tramandaí estão listadas na tabela IV. Estas médias são somente aproximadas, uma vez que frequentemente o vento causa reversão na direção da corrente na superfície da água.

Tabela IV

Vazão nas principais embocaduras da Planície Costeira

Média em milhares de $m^3/min.$

Rio Tramandaí	1,3
Barra do Rio Grande	20,0
"Rio" Guaíba	6,5

No tocante a estágios, o Guaíba varia de 2,46 m., o Rio Tramandaí de 1,23 m. e em Rio Grande de 1,82 m.

3. Clima e solos

Geralmente o clima da Planície Costeira é úmido, quente e chuvoso. A temperatura média anual é de $17,5^{\circ}C$, sendo a precipitação pluviométrica de 1.300 mm. anuais (Machado, 1950) distribuindo-se de 92 a 110 dias. Sabe-se da ocorrência de geadas na área porém as mesmas são raras. Machado (1950) dividiu a Planície Costeira em duas áreas subclimáticas, denominando-as Litoral Norte e Litoral Sul, baseado no fato de que a parte norte não sofre os efeitos dos ventos frios de inverno porque é protegida pelo escarpamento basáltico. Além disso, ele postula que a parte sul é completamente desprotegida da ação termal dos oceanos. A temperatura do ar na Planície Costeira é bastante variável possuindo uma média anual de $17,5^{\circ}C$ no sul e $17,9^{\circ}C$ no norte, máximas absolutas de $42^{\circ}C$ no sul e $36^{\circ}C$ no norte e valores absolutos extremos de $42,6^{\circ}C$ e $-5,2^{\circ}C$ (Machado, 1950).

A temperatura da água dos rios da Planície Costeira parece ser bastante variável. Dados não publicados, coletados durante os últi-

nos cinco anos pelo Departamento Estadual de Portos Rios e Canais mostram que o Rio Tramandaí tem suas temperaturas mais baixas durante os meses de junho e julho ($12,4^{\circ}\text{C}$ a $15,3^{\circ}\text{C}$) e mais altas durante janeiro e fevereiro ($26,0^{\circ}\text{C}$ a $27,2^{\circ}\text{C}$). Os outros cursos de água tendem a seguir este padrão geral.

A temperatura da água do oceano varia grandemente, dependendo da estação do ano, da corrente oceânica operante e da profundidade. Os dados são bastante escassos, contudo medidas de temperatura feitas pela Marinha do Brasil durante abril de 1958 indicam que as águas superficiais próximas à praia possuem uma temperatura média de 20°C . Dados de temperatura coletados por barcos pesqueiros durante os meses de outubro e novembro de 1958 indicam que a água superficial na parte sul da área possui 15°C aproximadamente.

Uma vez que a costa do Rio Grande do Sul é grandemente influenciada por processos eólicos, a direção e intensidade dos ventos são fatores fundamentais para a compreensão da paisagem geomórfica da área. A direção de vento mais proeminente na Planície Costeira é nordeste. Isto resulta provavelmente da grande área tropical e subtropical de alta pressão reinante no Atlântico próximo aos 30° de latitude sul. Assim, os ventos em Tôrres têm sido predominantemente do nordeste, desde os primeiros registros de direções efetuados em 1913 (Machado, 1950). Ao lado deste existem outros dois que receberam nomes dados pelos residentes locais: Minuano e Carpinteiro da Costa.

O Minuano é um vento oeste, frio, seco, continental, causado pela invasão de massas de ar polares no Rio Grande do Sul. Tem seu nome derivado de uma antiga tribo de índios que viveram a oeste da Planície Costeira. O Carpinteiro da Costa é um vento praiano sudeste ou sul-sudeste, causado pela resistência de massas de ar polares atlânticas a massas de ar tropicais atlânticas. É um vento praiano, oceânico, soprando normalmente durante 3 a 4 dias consecutivos. Recebeu o nome de Carpinteiro da Costa devido ao fato de que o tráfego ao longo da costa bem como a navegação costeira tornam-se perigosos devido ao deslocamento de grande quantidade de areia. Muitos acidentes náuticos ocorrem quando este vento sopra e isto é devido a: (1) grandes quantidades de areia do fundo são lançadas sobre o continente porque é mudada a posição dos bancos e (2) a força do vento impele os barcos em direção à linha de praia. Deste modo, se os navegadores forem descuidados o barco poderá encalhar. Durante este estudo de campo dois barcos encalharam próximo à Pinhal (fig. 2) e outro destroçou-se contra a Ilha dos Lobos. Normalmente quando o barco encalha está perdido, porque o fundo oceânico é raso demais para permitir a chegada de rebocadores ao barco sinistrado, impossibilitando o seu salvamento (foto 28).

As figuras 26 e 27 são diagramas de rosas dos ventos para Fôres, Iubé, Tapes, Mostardas, Pelotas, Rio Grande, Jaguarão e Santa Vitória do Palmar (fig. 2) para o período de 1952 até 1956. A figura 28 mostra as médias anuais de cinco anos e a 29 as médias sazonais de cinco anos. Os dados para a compilação desta rosa dos ventos foram obtidos no Departamento Estadual de Portos Rios e Canais e no Instituto Coussirat Araújo.

As rosas dos ventos foram construídas da seguinte maneira: o comprimento do vetor vento é baseado na frequência de observações, às 7, 14 e 21 horas em cada estação num período superior a cinco anos. Cada centímetro é igual a vinte observações, assim, se um observador anotou que durante o mês de março nos tempos pré-estabelecidos o vento estava soprando 49 vezes do nordeste, 6 vezes do leste, 9 vezes do sul, 9 vezes do oeste e 10 vezes não havia vento; os vetores representativos teriam como comprimento NE 2,45 cm., E 3 cm., S 0,45 cm. Este método difere levemente do clássico percentagem-tempo para a construção da rosa dos ventos. A utilização deste levemente complexo foi necessária pela falta de observações noturnas. Tivessem sido feitas observações noturnas, poderiam ser construídas rosas dos ventos pelo sistema percentagem-tempo. Cada pena ou pétala na rosa dos ventos tem o valor de 5 km/h, mas em alguns casos não foi possível colocar o número apropriado de pétalas em certos vetores porque este era muito curto. Neste caso, o número de pétalas é indicado por um número locado próximo ao vetor. Assim, a partir das figuras 26 e 27 pode-se concluir que: (1) durante todas as estações do ano o vento predominante foi do nordeste, (2) durante o outono e o inverno o Minuano é mais importante do que durante a primavera e verão, (3) durante o inverno o Carpinteiro da Costa é mais importante e (4) durante todas as estações do ano as direções predominantes dos ventos são nordeste, leste, sul e oeste.

Não se tentará classificar o clima da Planície Costeira neste trabalho. O leitor é recomendado a consultar Moreno (1961) para uma visão completa sobre as classificações climáticas no Rio Grande do Sul.

No geral existem três grupos de solos na Planície Costeira: planosolo, podzol húmico-férrico e aluviões. Frequentemente os planosolos estão desenvolvidos em antigas formações pleistocênicas (Itapoã e Graxaim) podzol húmico-férrico no Pleistoceno mais jovem (Chuí) e aluviões no Recente ou seus equivalentes (quinta).

4. Vegetação

A flora da Planície Costeira é completamente diferente da existente na América do Sul ao sul do Rio Greneco, porque: (1) não há mangues, (2) não existem florestas e (3) é extremamente variada em

ROSAS DOS VENTOS ANUAIS GERAIS

Fig. 26

ROSAS DOS VENTOS ANUAIS POR ESTAÇÃO

Os números representam "penas" que não puderam ser colocadas
 exemplo: 4 = 4 penas
 1 pena = 5 km/h
 1 cm = 20 observações

Fig. 27

indivíduos e espécies. Não existem estudos específicos sobre o assunto, contudo o padre Balduino Rambo (1956) publicou uma descrição generalizada da flora costeira. Baseado nesta publicação e em observações de campo elaborou-se a seguinte tabela:

Tabela IV

Plantas e ambientes importantes na Planície Costeira

A. Oceânico

Phaeophyceae (alga marron)

Rhodophyceae (alga vermelha)

B. Zona salobra

Phaeophyceae (alga marron)

C. Litoral

Formas transportadas

D. Praia arenosa

Sesuvium portulacastrum

Salicornia grandiflora

Spartina sp.

E. Campo de dunas

Sesuvium portulacastrum

Cotula coronopifolia

Paricium lentans

Alternanthera sp.

Heliotropium lentans

Solanum sisymbirifolium

Hyptis labiadae

F. Lagos e lagoas

Chlorophyceae (alga verde)

Eichhornia crassipes

Eichhornia azurea

Eichhornia grandiflora

Salvinia auriculata

Azolla filiculoides

Wolffiella sp.

Lemna sp.

Pontederia cordata

Regnellidium dichyllum

Heteranthera sp.

Utricularia insectivora

Jussiaea sp.

Lyconodium inundatum
Barbunculus
Drosera brevifolia
Eryngium cicutum
Erythraea cristata-sallii

G. Planície arenosa
Andropogon leucostachyus
Cenchrus tribuloides
Paspalum sp.
Panicum polyanthum
Stellaria media
Eryngium yuccifolium
Bromelia fastuosa
Cordia trichotoma
Cedrela fissilis
Tamarix gallica

Nas duas primeiras zonas (oceânica e salobra) a flora compõe-se de algas naturais. Tanto as algas marrons como as vermelhas são importantes ao longo da costa porque: (1) as marrons, que são microscópicas, provocam no oceano frequentemente a cor escura e (2) as vermelhas, que são mais frequentes próximo a Tórres, podem ser elevadas para o sul por correntes oceânicas, portanto são usadas como um guia para determinar-se qual a corrente oceânica atuante.

Na zona litoral encontram-se somente formas que não estão "in situ", sendo as mais comuns lírios aquáticos e madeira levada por correntes. Frequentemente grandes massas de lírios aquáticos (flotant) são transportadas para o oceano. Quando entram em contato com a água salgada morrem e posteriormente são lançadas na praia pelas sacas. A única vegetação estável na zona litoral são as algas marinhas em Tórres.

A praia arenosa possui uma flora empobrecida porque a areia está constantemente sendo movida. O gênero mais importante é o Sesuvium, também ocorrendo Salicornia, porém esta não é tão importante aqui como na costa do Mediterrâneo. O campo de dunas possui uma associação vegetal muito distinta, sendo as mais importantes graminhas e árvores. As graminhas predominam nas zonas de areias em movimento e as árvores, principalmente a figueira (Ficus subtriplineria), são comuns na zona de dunas fixas. As zonas de lagos e lagoas possuem uma flora muito abundante, estando as mais importantes relacionadas na tabela IV. Uma típica associação de água doce ou de lago estagnado é: (1) um espesso tapete de algas verdes na água ou juncos próximos às margens, (2) plantas leguminosas em solo fig-

ne e (3) arbustos retorcidos formando um tipo de caatinga.

A zona da planície arenosa ou zona de campo é caracterizada por gramíneas e grupos arredondados de árvores denominados capões baixos, sendo o solo sempre firme e seco. A seção G da tabela IV lista algumas plantas importantes nestas paragens. A forma mais comum de vegetação artificial é o eucalipto, plantado em capões retangulares, tendo dois usos principais: (1) madeira para fogo e (2) abrigo para o gado. Outras listas mais completas de espécies e sua distribuição geográfica podem ser encontradas em Rasto (1954, pp. 113-172; 1961, pp. 7-54) e Klein (1961, pp. 7-51).

5. Sambaquis

Apesar de não ser a finalidade deste trabalho um estudo detalhado sobre o assunto, algumas feições mais evidentes foram anotadas.

Os tres principais tipos construídos pelo homem são: (1) concheiros, (2) restos de cozinha e (3) montículos de terra (fig. 28), possuindo cada um deles distribuição geográfica distinta e forma bem definida.

Concheiros (shell mounds) são depósitos retangulares de conchas, ossos de animais e artefatos, possuindo 3 a 5 m. de espessura, 5 a 10 m. de largura e 10 a 20 m. de comprimento. São encontrados somente na parte norte da Planície Costeira, sendo a área mais importante Tórres, apesar de outras ocorrências terem sido mencionadas em Osório (Koseritz, 1884). Os concheiros de Tórres foram estudados por Paltof (1900), Gliess (1932) e Serrano (1940).

Restos de cozinha (kitchen middens) são ossos, fragmentos de carvão e madeira queimada, e vasilhames inteiros ou quebrados indicando locais de habitação dos indígenas. São comuns na porção central da Planície Costeira. Os de Cidreira foram estudados por Koseritz (1884) e os de Rio Grande por Serrano (1940). Outras localidades descobertas durante o curso do trabalho de campo são ao sul da Lagoa dos Barros e na península de Areias Gordas (fig. 28).

Montículos de terra (earth mounds) são pequenos montes, quase circulares, compostos de areia ou solo arenoso, possuindo normalmente um relêvo de 3 a 5 m. São encontrados na parte sul da Planície Costeira, perto do arroio Del Rey e Chuí (fig. 2), sendo que nunca foram estudados.

Nenhuma tentativa foi feita para estabelecer estratigrafia baseada em louças, entretanto, notou-se que há no mínimo sete tipos diferentes sendo os mais comuns: (1) não desenhadas, não coloridas, com grandes fragmentos de quartzo e feldspato (foto 29), (2) tipo Guarani ornamentado (foto 30), (3) com impressões de unhas (foto 31) e (4) esculpidas com gravetos (foto 32).

MAPA ÍNDICE DOS "SAMBAQUÍ" DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

Fig 28

IV - GEOLOGIA GERAL

A. Unidades tectônicas maiores

As duas maiores unidades tectônicas da Planície Costeira são a bacia de Pelotas e a homoclinal de Osório (fig. 3), sendo a superfície da primeira aproximadamente vinte vezes a da segunda.

Bacia de Pelotas foi um nome informal usado pelos geólogos da Petrobás para o conjunto das rochas terciárias. Ghignone (1960, p. 73), discutindo esta afirmou:

"A bacia de Pelotas tem aproximadamente 30.000 km². A maior parte desta área é ocupada pela Lagoa dos Patos, Lagoa Mirim e outras lagoas menores. Toda a região está coberta por sedimentos quaternários".

Mais tarde Sanford e Lange (1960, pp. 13-64) estimaram a área da bacia em 35.000 km²; atualmente acredita-se ser de 45.000 km². Rochas fossilíferas da bacia de Pelotas foram estudadas por White em 1908. Estas rochas eram de um poço para água perfurado em 1862 em Pelotas, acreditando White que fossem cretáceas em idade devido à ocorrência de arenitos verdes. Foram mencionadas também por Gliesh (1932, p. 5), Carvalho (1932, p. 44) e Oliveira e Leonardos (1943, p. 687), mas coube a Martins (1952) identificar os fósseis e datar os depósitos baseado em: Bouchardia cf. Zitteli, Glycimeris cf. geminatus, Lentothyra cf. philipi e Ostrea sp. e ainda um briozóário da ordem Cheilostomata. Com estes dados concluiu que os leitos sotopostos ao Quaternário eram de idade Terciária similares aos da Patagonia. Estudos posteriores feitos por Issler (1959, comunicação verbal) indicaram idade miocênica.

Durante os últimos cinco anos a Petrobás efetuou testes estratigráficos em Tôrres, Graxaim (2), Palmares do Sul, Povo Novo, Cassino, Jaguarão e Curral Alto. Todos estes, exceto o de Curral Alto, encontraram o embasamento. Poços mais antigos existem em Arroio Grande perfurado por Rheingantz (1955); Chimarrão, pela Secretaria de Agricultura; Pelotas, pela Cervejaria Hertel e Chui, pelo Instituto Geológico del Uruguay. A figura 29 mostra a localização destes poços.

Um mapa geológico geral do sudeste do Brasil publicado por Sanford e Lange (1960, pp. 1320-1321) mostra que a bacia de Pelotas coincide com os limites da Planície Costeira. Informações recentes possibilitam a divisão da Planície Costeira em duas subprovíncias que têm individualidade sob o ponto de vista estrutural. Na parte norte da área encontra-se a homoclinal de Osório, que é provavelmente o flanco sul da sinclinal de Tôrres, que por sua vez faz parte da bacia do Paraná. A porção sul já mencionada é a bacia de Pelotas (fig. 3).

FIG. 29

Foi difícil estabelecer-se uma linha divisória entre a homoclinal de Osório e a bacia de Pelotas, uma vez que os dados de subsuperfície são escassos. Rochas da homoclinal de Osório afloram até a ponta sul da Lagoa dos Barros (fig. 30). A ocorrência mais setentrional das rochas terciárias da bacia de Pelotas é no poço de Palmares do Sul. Dêste modo, o limite norte desta bacia é também o limite sul da homoclinal de Osório, deve situar-se entre estes 22 km. Uma vez que tôdas as rochas da homoclinal de Osório são de idade jurássica, ou mais antigas, e que em tôdas as rochas da bacia de Pelotas são de idade terciária ou mais jovens, é lógico aceitar-se a presença de uma falha regional marcando o limite entre estas duas unidades estruturais.

B. Rochas pré-aternárias

As feições geológicas da Planície Costeira são: (1) rochas antigas, (2) Pleistoceno, (3) Holoceno e (4) praias modernas. Cada uma destas tem seu próprio conjunto de características e por issé serão discutidas separadamente. O contato superficial entre as rochas pré-aternárias e os sedimentos mais jovens (aternário) forma o limite interno da Planície Costeira (fig. 3). Um conhecimento destas rochas mais antigas é essencial para a compreensão do conjunto geológico, uma vez que tiveram papel importante no fornecimento do material detritico incorporado aos sedimentos de aternário. As rochas mais antigas são as cristalinas do pré-Cambriano, fazendo parte do escudo riograndense. São granitos, sedimentos granitizados, xisto e gnaisses, aflorando num cinto arqueado de Pelotas a Itapoã. Mais ao norte estão falhadas ao longo da margem leste da Coxilha das Lombas (fig. 3), onde são encontrados raros afloramentos.

Ao norte da Lagoa dos Barros (fig. 2) aflora um arenito eólico, triássico. Este arenito (formação Botucatu) é quartzoso, rosa avermelhado, de granulação fina, angular e subangular, bem classificado, podendo visualizar-se em lâminas delgadas a presença de microclínio e plágioclasio. Estes grãos normalmente são tão alterados que formam argila caulinitica, sendo esta por sua vez o cimento do arenito. Os principais minerais pesados da formação Botucatu naquela zona são: turmalina, zircão e estaurolita (Goni e Delaney, 1961).

Os clássicos derrames basálticos da formação Serra Geral recobrem a formação Botucatu discordantemente. Esta formação tem mais de um quilômetro de espessura e, localmente, compreende treze derrames de lavas (Leinz, 1949, pp. 12). Formam uma escarpa que é o limite interno da Planície Costeira, desde Osório até Tôres (foto 33) e somente em duas localidades no sul do Brasil as rochas basálticas encontram o mar: Tôres e Itapeva (fig. 30).

Em subsuperfície recobrimo o pré-Cambriano, ao longo do lado o-

MAPA GEOLOGICO DA HOMOCLINAL DE OSÓRIO

CONVENÇÕES GEOLOGICAS

- ALUVIÕES
- QUINTA
- CHUI
- ITAPOÃ
- SERRA GERAL
- BOTUCATU

- Qal
- Hq
- Pc
- Pi
- Jsg
- Rb

- FALHAS
- JUNTAS
- CONTATOS

ESCALA
= 1:100 000

5 2 1 0 1 2 3 4 5 10 KMS.

este da Lagoa dos Patos foi encontrado um arenito terciário esverdeado, de granulação fina, fossilífero. Esta formação que será discutida recobre o embasamento cristalino e está recoberta por mais de 100 m. de sedimentos continentais mais jovens. Estudos preliminares dos fósseis indicaram que o ambiente de deposição era parálico e marinho. Esta formação não tem nome nem aflora na área estudada.

V - ESTRATIGRAFIA DAS FORMAÇÕES QUATERNÁRIAS

Desde Carvalho (1932), todos os sedimentos não consolidados da Planície Costeira têm sido considerados do Recente. Durante o curso do trabalho de campo o autor delimitou certas litologias e superfícies, sendo algumas do Pleistoceno e outras do Holoceno. Os sedimentos são principalmente de granulação arenosa, mas também foram encontradas argilas, silte e seixos. As superfícies pleistocênicas são mais baixas e pantanosas. Os tons cinza nas fotografias aéreas são quasi os mesmos para o Pleistoceno e Holoceno, uma vez que um fino verniz de sedimentos recentes cobre toda a área. Usualmente os sedimentos pleistocênicos podem ser diferenciados dos holocênicos da seguinte maneira: (1) são mais oxidados e de cor avermelhada ou amarelada, (2) contém mais partículas do tamanho da argila e (3) as superfícies pleistocênicas situam-se a maiores altitudes que as recentes.

O Pleistoceno está subdividido em tres grupos básicos de litologias: (1) saprólitos, (2) areias quartzosas e (3) arcósios.

Saprólito é um nome geral para o material granítico altamente decomposto, mas não transportado, que recobre o embasamento. Arcósio é usado para descrever um sedimento composto essencialmente por grandes grãos de quartzo leitoso e feldspato microclínio imersos numa matriz de argila arenosa. Além disso o arcósio é mal classificado, derivado de rochas ígneas ácidas de textura granítica e formado por agregação mecânica. A areia quartzosa é um depósito detrítico silicoso, bem classificado, não consolidado, consistindo predominantemente de partículas de quartzo de granulação de 2 a 1/16 mm.

Os saprólitos ocorrem ao longo do limite interno da Planície Costeira, recobrando as antigas rochas da área, aparecendo como tipo mais comum saibro, que vem a ser uma acumulação de produtos fragmentados derivados do intemperismo "in situ" do granito; existem ainda saprólitos formados de xistos, gnaisses e filitos. Este sedimento recobre a rocha-mãe e pode ser diferenciado dela unicamente pelo grau de consolidação e alteração. Estão sempre "in situ", podendo alcançar espessuras de até 40 m., particularmente onde o saprólito é saibro oriundo de granito de granulação grosseira. Desde que em certas áreas do Rio Grande do Sul foram encontrados mamíferos

pleistocênicos em depósitos de "grus", acredita-se que, não obstante a falta de provas, estas profundas zonas saprolíticas pertençam também ao Pleistoceno. Ocasionalmente ocorrem ortstein (hard pan) descontínuas nos saprolitos. Estas e outros depósitos ferro-magnesianos secundários são relacionados com a ação de águas subterrâneas. A esta litologia não foi dado nome estratigráfico formal.

A. Formação Itapoã (*)

A formação Itapoã tomou seu nome da península de Itapoã, onde está bem exposta. Na localidade tipo, no bloco soerguido da falha Coxilha das Lombas, a sequência possui cerca de 75 m. de espessura, aflorando sem interrupção por aproximadamente 75 km. para nordeste e outro tanto para sudoeste, recobrendo a rocha granítica. Geometricamente é uma zona arenosa equidimensional, cujas feições geomórficas são colinas convexas baixas (fig. 31). Durante a estação chuvosa formam-se frequentemente lagoas temporárias nas zonas baixas entre as colinas. A tendência de aparecimento de boçorocas é acentuada nos declives fortes; a foto 34 mostra uma formada na seção tipo.

A principal litologia da formação Itapoã é areia quartzosa, de granulação fina a média, afossilífera. Como pode ser inferido das curvas de frequência acumulativa (fig. 32) a formação Itapoã tem as seguintes características: (1) o diâmetro médio dos grãos é de 0,17 a 0,36 mm. ou 1,65 ϕ (ϕ); (2) o coeficiente de classificação ϕ é de 0,4 a 1.65 ϕ ; (3) aproximadamente 6 % do material é mais fino do que areia; (4) as amostras Lombas, Barrocadas e Morro Grande, todas de superfície, são melhor classificadas que as da seção tipo, tomadas na sequência vertical, indicando provável retrabalhamento.

Morfoscopicamente, os grãos são bem arredondados (80 a 90%), mas alguns (5 a 10%) estão quebrados ou lascados. Normalmente todos são polidos, havendo poucos foscos. É comum encontrar-se uma película de ferro recobrendo os grãos causando frequente cimentação entre eles. A espessura da formação Itapoã é muito variável, mas normalmente é maior (entre 60 a 90 m.) na área próxima à falha Coxilha das Lombas. Perto do limite oeste é de poucos metros, uma vez que recobre rochas graníticas. No bloco abatido da falha as espessuras são desconhecidas, somente um poço (Palmares do Sul, fig. 29) penetrou a sequência estratigráfica, mas não foi testemunhado enquanto não atingiu o Terciário.

Parece provável que o ambiente de deposição tivesse sido similar

(*) Os nomes das unidades estratigráficas que se seguem, propostos pelo autor estão de acordo com as normas estabelecidas pela "American Commission of Stratigraphic Nomenclature", publicadas no "Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists", vol. 45, nº 5, pp. 645-665, May, 1961.

FIG. 31

FIG. 32

ao atualmente existente na costa da Ilha de Santa Catarina, onde a areia quartzosa, fina a média, está sendo depositada em baías arqueadas entre promontórios (foto 35). Os antigos promontórios, tais como Morro Grande (foto 13), da Pedreira, da Fortaleza e Comprido, deveriam conter baías semelhantes. Mais tarde, o falhamento modificou sobremaneira esta topografia, dando maior ênfase a agentes geológicos como o vento que sem dúvida retrabalhou a porção superior da formação.

A mais importante modificação pós-deposicional é o enriquecimento de ferro. A cor natural da formação Itapoã em afloramentos é vermelha a marron, mas quando lixiviada ou lavada em laboratório, torna-se branca ou amarela. A foto 36 mostra duas pequenas boçorocas na seção tipo; note a diferença de tom entre a parte semi-endurecida e a retrabalhada. A laterização parcial nos planosolos, também como as numerosas lateritas, são evidências suplementares do enriquecimento de ferro. As lateritas e as zonas de ferro concrecionário são formados principalmente na parte superior da formação, e devido à maior resistência, protegem-na contra a rápida erosão (foto 37). A fonte de ferro é desconhecida, entretanto as duas principais são o embasamento granítico e os minerais pesados da areia.

Outra feição pós-deposicional de menor importância é o cone de dejeção na base da escarpa de falha Coxilha das Lombas, formado na época do falhamento, sendo portanto consideravelmente mais jovem que a formação Itapoã. A formação Itapoã é a mais antiga da sequência de rochas do quaternário da Planície Costeira porque: (1) está sotoposta à formação Graxaim, que contém fósseis do Pleistoceno e (2) foi afetada pela laterização, que é mais antiga que as demais rochas. Uma vez que não foram encontrados fósseis é difícil provar a idade, entretanto parece mais lógico colocá-la no Pleistoceno inferior, uma vez que está coberta por uma litologia contendo fósseis Pleistoceno médio e é diferente das litologias do Mioceno. Ainda resta a possibilidade da formação ser do Plioceno, entretanto a ocorrência de Plioceno no leste da América do Sul é extremamente rara.

B. Laterita Serra de Tapes

Ao longo do fronte leste da serra de Tapes, em áreas onde estão presentes rochas ígneas e metamórficas, são comuns os latosolos. A laterita Serra de Tapes é amarela a avermelhada contendo frequentemente nódulos irregulares e concreções de hidróxido de ferro; sua espessura varia de 8 a 10 m. A foto 38 mostra um perfil típico de laterita, ao sul do arroio Douradinho na Estrada Federal BR-2. Podem ser encontrados notáveis perfis de laterita nesta estrada, sendo que um completo ou ideal consiste do topo para a base em: (1) areia

quartzosa marrom a cinza, (2) limite superior da zona freática, (3) zona de concreções ou nódulos de laterita, (4) limite inferior da zona freática, (5) caulinita mosqueada e (6) zona argilosa inferior de illita, montionita e montmorillonita misturadas.

Tal perfil é raro devido ao incompleto desenvolvimento, erosão ou poucos afloramentos. A litologia e o significado climático das lateritas é um assunto bem conhecido de todos os geólogos; por esta razão não será discutido aqui. O nome laterita Serra de Tapes é proposto como uma unidade edafo-estratigráfica de solo para lateritas e latossolos que ocorrem nas litologias ígneas e metamórficas da Serra de Tapes, no Rio Grande do Sul, Brasil e nordeste do Uruguai. Acredita-se que este importante horizonte é mais antigo que a formação Graxaim e mais jovem que a formação Itapoã, uma vez que a formação Graxaim não foi laterizada, portanto provavelmente é do Pleistoceno médio.

C. Formação Graxaim

Um arcócio recobre e transgride rochas terciárias a oeste da Lagoa dos Patos, estendendo-se para o norte até Rancho Velho e em direção ao sul até Treinta y Tres, no Uruguai (fig. 2). Esta é a principal litologia na planície lagunar (fig. 4), parecendo ser, baseado em observações de campo e amostras de fundo, a principal litologia do fundo da Lagoa dos Patos. É muito difícil distinguir este arcócio do saprólito tipo "grus" mencionado previamente, uma vez que os dois são litologicamente iguais. Se forem feitas observações cuidadosas, verifica-se que somente o arcócio foi transportado por deslizamento ou movimentos de massa.

Até recentemente era difícil estimar a espessura desta unidade, afortunadamente vários anos atrás a Petrobás perfurou dois poços estratigráficos perto do povoado de Graxaim (Guaraxaim em mapas antigos), município de Camaquã, que estabeleceram a espessura da formação em 100 m. Graxaim é proposto pelo autor como nome oficial para o arcócio que aflora naquela área, estabelecendo-se para seção tipo o poço GA-1. A correlação entre as litologias do tipo Graxaim e as do poço podem ser analisadas na figura 33, estando as análises granulométricas na figura 34. Um afloramento típico pode ser visto 500 m. ao sul do cruzamento da Estrada Federal BR-2 com a estrada para São Lourenço do Sul (foto 39).

A formação Graxaim é composta de areia, silte, cascalho e argila não consolidadas. Foi derivada de rochas graníticas e unida mecanicamente numa massa de sedimentos inconsolidados não classificados, diferindo muito pouco da rocha-mãe. O arcócio é principalmente composto por grãos de quartzo, claro e leitoso, de mais de 1 cm., e alguns grãos menores (1/2 cm.) de feldspato microclínio, em matriz

SECÇÃO TIPO DA FORMAÇÃO GRAXAIM

FIG. 33

CURVAS DE FREQUÊNCIA ACUMULADA DA FORMAÇÃO GRAXAIM

FIG. 34

de argila plástica, arenosa ou siltica. A fração argila, ocasionalmente é caulinita pura. As cores mais comuns são vermelha, cinza e amarela.

Apesar dos minerais constituintes dos saprólitos da Serra de Tapas e do arcócio serem os mesmos, ambos são distinguíveis porque o saprólito consiste de partículas mais finas transportadas e é um pouco melhor classificado. A figura 34 mostra os resultados de tamanho de grão feitas de amostras tomadas de 9 a 12 m., 33 a 35 m., 44 a 45 m., 53 a 56 m., e 76 a 78 m. do poço GA-1. O contato inferior com os sedimentos terciários parece ser discordante, entretanto foram encontradas certas dificuldades em relação ao problema do reconhecimento da base do arcócio, uma vez que o contato não está exposto na superfície e a única evidência disponível são os testemunhos dos poços da Petrobás.

Na formação Graxaim foram encontrados vertebrados fósseis, contudo somente poucos foram identificados, pois as ossadas, como são denominadas pelos moradores da região, raramente chegam às mãos de cientistas ou pessoas interessadas. O melhor e mais completo estudo da fauna desta formação foi executada por Paula Couto (1944) e Souza e Cunha (1959). Desafortunadamente as amostras não haviam sido encontradas "in situ", mas espalhadas na areia pelas vagas, após retrabalhamento. Foram identificados pelos autores supracitados os seguintes: Toxodon platensis, Harlomastodon waringi, Macrauchenia natachonica, Lomys sp., Odocoileini sp., Paleolama sp., e Glyptodon sp. Também foram encontrados outros espécimes incompletos de Toxodon (dentes e ossos) e Glyptodon (placas de carapaça). Numerosos fragmentos de grandes e pequenos animais encontrados pelo autor e outros não foram estudados ou identificados, entretanto vários fatos curiosos sobre eles podem ser citados: (1) todos os fósseis têm uma superfície patinada, consistindo principalmente de MnO e Fe_2O_3 ; esta patina pode ter sido formada sob condições de verdadeiro deserto (por este motivo deveria ser chamada especificamente verniz do deserto) ou de estepe seca com evaporação rápida, (2) muitos fósseis são encontrados entre La Coronilla e Tramandai, mas nenhum mais ao norte; a melhor época para coletá-los é depois de ter soprado por alguns dias o vento Carpinteiro da Costa, capaz de aumentar a ação das vagas, erodindo sedimentos da região nerítica e (3) ocasionalmente, há rocha do tipo arcócio cimentada com os ossos.

Conclui-se que os ossos foram depositados numa planície costeira arcósica, durante o abaixamento do nível do mar num período glacial.

Os feldspatos bem preservados oferecem evidência de clima frio ou árido.

A espessura da formação Graxaim foi determinada somente em alguns lugares; Graxaim, 102 m.; Pelotas, 65 m.; limite oeste da

planície lagunar, 10 m. É difícil estimar a espessura total principalmente porque a porção leste foi afetada por atividade tectônica. As mais importantes mudanças pós-deposicionais que ocorrem na formação Graxaim foram a caulinição teve lugar no passado, mas presentemente está ativa acima do nível freático. A formação de crostas ferruginosas tem lugar no presente, podendo ser encontradas muitas crostas incipientes no limite superior do nível freático. Estratigráficamente, esta formação recobre a formação Itapoã e está sotoposta a formação Chuí. No Uruguai está sendo mapeada como Pampeano e pós-Pampeano (Pleistoceno) de Rio de la Plata, entretanto é impossível decidir agora qual a fase a que ela está correlacionada.

D. Formação Chuí

Areias quartzosas, amarelo avermelhadas semi-consolidadas ocorrem em afloramentos esparsos perto de Rio Grande, Chuí, Mostardas, Cidreira e Lagoa dos Barros. Estes sedimentos mapeados regionalmente são considerados como a formação mais jovem do Pleistoceno da Planície Costeira. Uma das melhores exposições é perto da barra do Chuí (fig. 2) em ambos os lados da fronteira uruguaio-brasileira. Por isto, o autor escolheu essa área como seção tipo e consequentemente propõe o nome oficial de formação Chuí. A ortografia correta deverá ser Chuí, apesar de se encontrar na literatura geográfica os termos Xuí ou Chuy. Um perfil típico pode ser encontrado na figura 35.

A figura 36 mostra os resultados de quatro análises de tamanho de grão de amostras coletadas na seção tipo, na Barra do Chuí (Uruguai), perto de Mostardas e perto de Rio Grande. A areia: (1) tem diâmetro médio de 0,10 a 0,18 mm., (2) é muito bem classificada (0,30 a 0,46 ϕ), (3) tem os grãos bem arredondados, polidos e as vezes foscos, (4) ocasionalmente apresenta nódulos ferruginosos ou crostas incipientes, (5) tem como minerais pesados zircão, turmalina, biotita, rutilo, granada, andaluzita, hornblenda, epidoto e actinolita e (6) tem os grãos usualmente recobertos por película de ferro, enquanto que a formação frequentemente tem aparência mosqueada.

Apesar destes sedimentos terem aproximadamente o mesmo tamanho de grão que as areias do Recente, podem ser diferenciados delas do seguinte modo: (1) areias do Pleistoceno são normalmente bem compactadas, semi-consolidadas, enquanto que as areias recentes são inconsolidadas, (2) areias do Pleistoceno são bem oxidadas, vermelhas, amarelo-avermelhadas ou tostadas e têm aparência mosqueada; estes sedimentos frequentemente contém nódulos ferruginosos ou crostas lateríticas ao passo que areias recentes são brancas ou amarelas, não

FIG. 35

SECÇÃO TIPO DA FORMAÇÃO CHUI BARRA DO CHUI—BRASIL

FIG. 36

oxidadas e amiúde contém leitos de areia negra (magnetita, ilmenita e outros minerais opacos), enquanto que areias do Pleistoceno não os contém, (3) areias do Pleistoceno usualmente ficam topograficamente mais elevadas que as recentes, tal como em Areias Gordas e tendem a formar grandes anfiteatros, (4) areias do Pleistoceno têm maior quantidade de argila que as do Recente; isto é devido provavelmente ao intemperismo químico dos feldspatos e (5) a muscovita que sempre ocorre na fração leve está sempre alterada nos sedimentos do Pleistoceno, mas inalterada nos recentes.

A espessura da formação Chuí é desconhecida, entretanto perto de Mostardas foram medidos 12 metros desta litologia, sendo a espessura média provável de 25 m. O tamanho do grão, classificação, polimento, não transparência, arredondamento e distribuição estratigráfica, indicam ter sido areia de praia ou barra. Não foram encontrados fósseis na formação Chuí, isto é devido as más condições de preservação.

Várias mudanças pós-deposicionais além da oxidação ocorreram na formação Chuí, calcificação e formação de lenhitos. A calcificação é mais evidente no município de Santa Vitória do Palmar, ocorrendo os melhores afloramentos perto do povoado de Cordão. O nome caliche Cordão é proposto como nome estratigráfico informal para este horizonte. Quasi 60 cm. de caliche foram medidos em um corte no canal que une o banhado do Tigre com o arroio Del Rey (fig. 2). Dêste afloramento foram tomadas duas amostras, uma da porção superior e outra da inferior, tratadas com HCl a 20%, fervidas durante 30 minutos, secadas e pesadas. O teor de carbonato da amostra inferior foi somente 6% de seu peso, enquanto que o da superior foi de 71%.

Recobrando a formação Chuí, encontra-se ao sul da praia Hermenegildo em As Maravilhas, no Novo Balneário Chuí e perto do farol Conceição um lenhito compacto (fig. 2), denominado Conceição, constituindo importante marco estratigráfico. As análises preliminares de pólen e esporos (Sommer, 1961, comunicação verbal) indicam que o clima dominante era mais seco que o presente. A espessura do lenhito Conceição perto do farol é de 35 cm. Uma análise química feita por Benour C. Bittencourt mostra os seguintes resultados:

Tabela V

Análise química do lenhito Conceição

	úmido	seco
Umidade higroscópica	20,2%	-
Cinzas	28,7%	36,0%
Matéria volátil	32,6%	40,9%
Carbono fixo	18,5%	23,1%
Enxofre	1,0%	1,3%
Calorias	2.829	3.545

A formação Chuí é mais jovem que a Gramma e mais antiga que a quinta. Na área de Mostardas na estrada de Mostardas e Lagoa dos Patos encontra-se um contato entre Gramma e Chuí, perto da base da escarpa erosional da formação Chuí. Ao sul e leste de Mostardas podem ser vistas boas exposições das litologias quinta recobrimo a formação Chuí.

B. Formação quinta

A formação quinta estende-se da escarpa leste da formação Chuí até a orla atlântica e também ao longo de toda a Planície Costeira. A topografia é sempre plana com elevações baixas, não ultrapassando 20 m. e normalmente tendo cerca de 5 m. Há muitos campos de dunas na área cuja fisiografia foi discutida no capítulo III. A denominação quinta foi tomada da localidade do mesmo nome, na Estrada Federal BR-77, entre Pelotas e Rio Grande. A seção tipo é perto da ponte da estrada, no arroio Cabeças (foto 40), mostrando a figura 37 a distribuição de quinta e Chuí na área-tipo. A formação quinta é caracterizada litologicamente por grande quantidade de areia fina com pequenas ocorrências de silte e argila. A areia fina recobre todos os outros sedimentos da região; em Tórras encontra-se recobrimo o basalto; a oeste da Lagoa dos Patos o arcócio e o entasamento granítico (foto 41); perto de Areias Gordas as areias do Pleistoceno (fig. 2).

Foram feitas quarenta análises mecânicas da areia, de amostras coletadas em localidades bastante distantes, cujos resultados estão relacionados abaixo e apresentados graficamente na figura 38. A areia é: (1) de granulção fina a média, (2) bem classificada, $S_o = 1,1$, (3) a maioria dos grãos são polidos sendo alguns foscos, (4) 85-90% dos grãos são bem arredondados, entretanto alguns (5-15%) estão quebrados ou lascados, (5) o diâmetro médio é de 0,12 a 0,20 mm, (6) os grãos não estão cimentados e não mostram película de ferro e (7) o conjunto de minerais pesados, 1-2% do total da areia, consiste

MAPA GEOLÓGICO DA ÁREA DA SECÇÃO
TIPO DA FORMAÇÃO QUINTA

Fig. 37

FIG. 38

de zircão, turmalina, biotita, rutilo, granada, andaluzita, hornblenda, actinolita, epidoto, apatita e cianita; normalmente a muscovita não está alterada na fração leve.

Ocasionalmente encontra-se uma argila arenosa, como em Cassino e em Barro Preto, entre Cidreira e Tramandaí (fig. 2), consistindo de 50% de argila, 31% de areia fina, 16% de silte e 1% de areia média, sendo o mineral argiloso illita. Não foram encontrados fósseis no material de Barro Preto. Perto de Cassino, por outro lado, encontra-se uma rica acumulação de microfósseis, sendo alguns dos gêneros mais importantes: Elphidium, Nonionella, Nonionides, Cibicides, Nonion e Quinqueloculina (Closs e Barberena, 1960). A argila arenosa repousa confortavelmente sobre a areia quartzosa estendendo-se por vários quilômetros, possui 25 cm. a meio metro de espessura (foto 42) e 50 m. de largura. Acredita-se que este material foi originalmente transportado pela água da Lagoa dos Patos, que ao deixar a barra entra em contato com a água salgada, permitindo a flocculação da argila. As correntes transportam a argila flocculada para a praia de Cassino e depositam-na em finas camadas, recobrando as areias da praia.

A origem da argila de Barro Preto (fig. 2) que também recobre a areia da praia e termina em cunha no lado do continente, não está completamente esclarecida, entretanto poderia ter sido carregada e depositada durante tempestades. Situações similares foram observadas por Morgan (1959) na costa da Louisiana, nos Estados Unidos da América do Norte. As praias são compostas por areia branca e amarela, de granulação fina a média, grãos bem arredondados, de diâmetro médio de 12 a 25 mm., sendo o mais comum 18 mm. O coeficiente de classificação varia de 1,08 a 2,05 mm., sendo o mais comum 1,10 mm. para as areias do estirâncio. A variação total das curvas acumulativas das análises de tamanho de grãos estão apresentadas na figura 38.

Ocasionalmente são encontradas zonas de areia negra, com espessura de poucos milímetros e comprimento de vários metros. O conjunto de minerais pesados das areias negras compõe-se de: (1) 35-50% de minerais opacos (magnetita, ilmenita, titano magnetita, etc.) e (2) minerais não opacos como zircão, turmalina, rutilo, biotita, andaluzita, hornblenda, actinolita, epidoto, apatita, granada e cianita. A tendência é aumentar o número de tipos de minerais metamórficos em direção ao norte indicando uma fonte metamórfica naquela região, uma vez que rochas contendo tal conjunto de minerais são comuns no Rio Grande do Sul. Se isto for verdadeiro, talvez toda a areia da praia esteja se movendo gradualmente do norte para o sul. Esta fase do problema é somente matéria de conjecturas e necessita investigação mais intensa.

Um dos problemas sedimentológicos mais controvertidos é a fonte desta enorme massa de areia fina. A única imediata é o arenito Botucatu, que aflora na porção nordeste da costa (fig. 30) e talvez sub-aquaticamente no arco do Rio Grande do Sul. A tabela seguinte mostra as relações granulométricas das duas areias, tendo sido examinadas aproximadamente 60 amostras.

Tabela VI

Comparação granulométrica entre as formações Botucatu e Quinta

	Md	So
Botucatu	0,12 a 0,26 mm.	1,23 a 1,59 mm.
Quinta	0,15 a 0,37 mm.	1,08 a 2,00 mm.

Os minerais pesados do Botucatu nesta área são: turmalina, epidoto, granada, cianita, zircão e rutilo, estando também presentes nas areias do Recente. Entretanto, outros minerais como andaluzita, hornblenda, actinolita e tremolita, estão presentes nas areias do Recente mas ausentes no Botucatu. Parece ter havido uma mistura entre o conjunto de minerais pesados do Botucatu e o metamórfico, que talvez tenha derivado da Serra do Mar, mais ao norte. Estudos posteriores de granulometria e minerais pesados destas duas areias deverão ser feitos para determinar se a divergência Md (diâmetro médio) e So (coeficiente de classificação) da tabela VI e os conjuntos de minerais pesados podem ser devidos à mistura de duas fontes distintas.

Ao lado das litologias já mencionadas, a formação Quinta apresenta duas outras interessantes: diatomitos e conglomerados. Os diatomitos foram encontrados pela primeira vez na ponta da Canoa, município de Santa Vitória do Palmar, sendo usado o nome diatomito Canoa para esta camada que tem 25 cm. de espessura. Salgado (1961, comunicação verbal) encontrou tres outros afloramentos em São Miguel, Chuí e Porto (fig. 2). As diatomáceas estão em geral quebradas ou moídas, entretanto, obviamente não são de água doce.

Fernoso (1961, comunicação verbal) fez a seguinte análise química do diatomito Canoa:

Tabela VII

Análise química do diatomito Canoa, ponta da Canoa

SiO ₂	- 82,16%
Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ e TiO ₂	- 11,59%
CaO	- 1,00%
Perda	- 0,88%

Outra camada interessante na formação quinta é o conglomerado Mampituba que ocorre entre 100 e 200 m. ao sul da ponte do Rio Mampituba na Estrada Federal BR-59. O conglomerado é marinho, com espessura de aproximadamente 3 m. (foto 43) e composto de seixos e matacões da série São Bento. Quasi todos os seixos e matacões da seção tipo são de basalto (fig. 39). Foram medidos quasi 200 deles permitindo classificá-los em tres tamanhos: menores (13 a 23 cm.), médio (27 a 40 cm.) e maiores (46 a 52 cm.). Em geral todos estão orientados em duas direções: norte-nordeste e noroeste. Isto indica que a principal direção de ondas durante a deposição da quinta deveria ser a mesma que atualmente. A espessura máxima da formação quinta é de 40 m. A idade da formação é Recente, sendo considerada equivalente ao Holoceno na escala geológica de tempo ou de um modo geral aos últimos 12.000 anos.

F. Terraços do Guaíba

Ao lado das novas formações já discutidas neste trabalho, numerosos terraços, fluviais e lacustres, estão presentes na Planície Costeira. Cada rio tem um par deles, um entre 12 e 20 m. acima do nível médio das águas e outro entre 3 e 5 m. Parece supérfluo denominá-los, uma vez que ocupam a mesma posição relativa em cada rio e são litologicamente semelhantes à carga atual do rio.

No Guaíba são evidentes dois terraços bem desenvolvidos, de tamanho considerável e talvez de grande importância. O mais antigo é denominado terraço Gravatá, pois está bem exposto na região de Gravatá (península de Itapoã). O mais jovem, Pombas, está entre 3 e 5 m. acima do nível médio das águas do Guaíba. Litologicamente são areias retrabalhadas da formação Itapoã e areias grossas derivadas de rochas graníticas. Dêste modo, uma curva bimodal é típica destas litologias. A porção de areia grossa é composta usualmente por quartzo angular e feldspato inalterado do tamanho de grânulos, e a porção mais fina da areia é idêntica à litologia da formação Itapoã, exceto pela perda de ferro.

Acredita-se que os dois terraços do Guaíba, assim como os demais terraços fluviais sem nome são equivalentes às formações Chuí e Quinta. O terraço Gravatá deve ser do Pleistoceno e o terraço Pombas, do Holoceno. Não foram encontrados fósseis afim de confirmar esta hipótese.

G. Coluna estratigráfica proposta

Foi demonstrado que na Planície Costeira existem certas unidades estratigráficas formacionais mapeáveis, por isto efetuou-se uma classificação estratigráfica destas (fig. 40). Todas litologias en-

Fig 39

FIG. 40

contradas na sequência pleistocênica estão incluídas no grupo Patos, que é o nome proposto para o grupo que inclui as formações Itapoã, Graxaim, Chuí e seus equivalentes na área. O nome Patos é derivado de Lagoa dos Patos, local onde afloram tôdas as formações.

A formação quinta e suas unidades litológicas associadas ou equivalentes não estão incluídas no grupo Patos, cuja base é o tópo do Terciário; quando este último está ausente, como é o caso da península de Itapoã, a base do grupo coincide com o da formação Itapoã.

Os nomes Gravata e Pombas são de formações estuarinas equivalentes a Chuí e Quinta respectivamente. O nome laterita Serra de Tapas é uma unidade estratigráfica informal de solo. O cordão Caliche e o lenhito Conceição são camadas que ocorrem na parte superior da Chuí. As relações estratigráficas entre estas duas é desconhecida por não aflorarem na mesma área. O conglomerado Mampituba é uma camada de matacões pertencente a parte mais jovem da formação Quinta. O diatomito Canoa é uma camada que ocorre principalmente na área da Lagoa Mirim, contudo no futuro poderão ser encontradas outras ocorrências desta litologia, equivalentes ou não.

Além das informações estratigráficas apresentadas na figura 40 é incluída uma coluna mostrando os níveis relativos do mar. Parte da curva é duvidosa, no entanto a mesma possui valor intrínseco uma vez que mostra flutuações recentes relativas ao nível do mar. Dois dos níveis mais jovens, entre 5 e 7 m. e 2 e 3 m., são assegurados pela presença de inúmeras feições geológicas como cavernas marinhas, entalhes de abrasão, terraços, plataformas de abrasão, etc. Os outros níveis mais antigos são difíceis de calcular porque grande parte de suas evidências foram destruídas.

H. Paleoclimas

Dada a variedade de litologias e composição de algumas das unidades estratigráficas de rocha e solo, obviamente atuaram durante o quaternário alguns climas diferentes.

Com o fito de elucidar a história paleoclimática da Planície Costeira foram efetuados estudos comparativos de números lateríticos, uma técnica desenvolvida por Fritz Kerner-Marilaun (1927) na Áustria e aplicada recentemente na região amazônica do Brasil por Sakamoto (1960). Kerner-Marilaun assegura que, em qualquer região onde o número laterítico for inferior a 50, está abaixo das condições ótimas para a formação de um perfil de laterita. Esta é uma dedução estatística que o mesmo obteve a partir da análise de dados meteorológicos de regiões no globo onde formaram-se perfis completos de laterita.

Os números L são calculados pela seguinte fórmula:

$$L = R^{-1/4} \cdot (S - s) \cdot tm \cdot 100^{-1}, \text{ onde:}$$

L = número laterítico

R = precipitação anual em mm.

S = precipitação semi-anual úmida em mm.

s = precipitação semi-anual seca em mm.

tm = temperatura média mensal em graus centígrados.

Em várias cidades da Planície Costeira durante o ano de 1956 foram calculados números L (tabela VIII).

Tabela VIII

Números lateríticos de várias localidades da Planície Costeira

	Número L
Pôrto Alegre	2,6
Pelotas	2,5
Mostardas	2,0
Imbé	7,8

Sakamoto (1960, p. 199) encontrou números lateríticos superiores a 50 para o Anapá e Roraima (Rio Branco). Uma vez que os números lateríticos para o Rio Grande do Sul são excessivamente baixos, conclui-se que pouca ou nenhuma laterita está sendo formada na Planície Costeira se a fórmula de Kerner-Marilaun estiver correta, o que é corroborado por evidências de campo. Portanto, se as observações geológicas forem precisas, a laterita Serra de Tapes deve ter-se formado durante um clima com precipitação anual de quantidade moderada, porém de alta concentração e alta temperatura. Tais condições atualmente são inexistentes na Planície Costeira.

Um clima quasi oposto ao formador da laterita Serra de Tapes é o que originou o caliche Cordão. É sabido que caliche está sendo formado atualmente na América do Norte, Europa, África e Austrália. Apesar de dados definitivos sobre os limites climáticos absolutos para a formação de caliche ainda serem escassos, pode-se obter da literatura que esta litologia forma-se em áreas onde a precipitação média anual está compreendida entre 200 a 500 mm. Price (1933, pp. 488-522) e Arellano (1953, pp. 53-76) abordaram as temperaturas nas quais se forma caliche e concluem que atualmente forma-se esta litologia em climas cujas temperaturas variam entre -20° e 19° C. Desta forma, no Rio Grande do Sul não há presentemente formação de caliche, uma vez que a precipitação bem como a alta temperatura reinante excedem em muito os limites para o seu aparecimento. Conclui-

se então, que durante o quaternário da Planície Costeira existiram no mínimo dois paleoclimas distintos entre si e do atual. Não parece ser necessário denominar estas unidades paleoclimáticas uma vez que a principal evidência para cada uma está representada por uma unidade litológica.

VI - TECTÔNICA

Na Planície Costeira é bastante difícil encontrarem-se evidências diretas de falhamentos e outras atividades tectônicas. Evidências geológicas clássicas para o reconhecimento de falhas como espelhos de falha, deslocamentos visíveis de veios, diques ou camadas em lados opostos de uma linha de falha exposta, brechas, dobras de arrasto, repetição ou omissão de camadas, são ausentes. Portanto, devem ser usados elementos não tão exatos ou conclusivos, como expressões fisiográficas, posição estratigráfica, milonitos, juntas, poços e gravimetria. Leinz (1949, p. 43) descreveu uma linha tectônica por ele denominada Torres-Posadas. Esta, cuja locação é entre $N 60^{\circ} - 70^{\circ} W$ foi aceita como sendo uma zona de atividade tectônica e esporadicamente recorrente.

Talvez movimentos estruturais recorrentes tenham provocado sistemas de juntas paralelas a esta direção. Outras juntas com comportamento diferente são provavelmente devidas à contração do basalto quando em resfriamento, como descreveu Leinz (1949, p. 41), ou devido a outras atividades estruturais. Na figura 30 podem ser vistas diversas orientações de juntas mapeadas em fotografias aéreas. Leinz (1948) também escreveu acerca de um falhamento do tipo fossa tectônica na área do Passo do Mendonça (fig. 2), tendo baseado sua opinião no fato de que 55 m. de rochas sedimentares clásticas foram encontradas abaixo do talvegue do Rio Camaquã. Freitas (1951), sem trabalho de campo adicional, confirmou a opinião de Leinz. Estudos posteriores pelo autor, indicam certamente a existência de uma zona de falha ao longo da Serra de Tapes, mas ela é nitidamente mais antiga que o vale do Rio Camaquã.

Leinz (1949) citou a presença de milonitos ao longo da Serra de Tapes com direção geral $N 30^{\circ} E$. Estudos destes milonitos e presença de numerosas pequenas falhas e juntas a oeste da Lagoa dos Patos e Lagoa Mirim confirmam a veracidade desta constatação. Contudo o movimento tectônico que possui direção nordeste tomou lugar antes do Rio Camaquã cortar seu vale dentro de rochas cristalinas no Passo do Mendonça e foi o falhamento primário que formou a Bacia de Pelotas, datando-a assim ao Terciário inferior. O vale do Camaquã formou-se muito mais tarde uma vez que é parcialmente preenchido com material da formação Graxaim de idade pleistocênica. Desta forma parece mais lógico presumir que o Passo do Mendonça tenha se formado durante o

período glacial, quando o nível do mar estava mais baixo o, consequentemente, o rio era forçado a rebaixar seu nível base. Uma evidência adicional em favor desta hipótese são os espigões presentes na Lagoa dos Patos (fig. 25) já discutidos no capítulo III. Estes são interpretados como sendo paredes de vales expostos à erosão sub-aérea durante o estágio glacial. O preenchimento do vale do Canaquê foi provavelmente realizado durante o levantamento do nível do mar, quando a corrente estava em processo de aluviação.

Putzer (1953, pp. 43-47) descreveu duas supostas zonas de falhamento, as quais assinalou num mapa dando um nome geral as suas direções. Mapeamento detalhado da homoclinal de Osório (fig. 30) mostra que a interpretação por falhamento como fez Putzer é errônea. Num exame acurado onde se compara a figura 30 com o "Mapa geral tectônico da parte meridional de Santa Catarina" de Putzer (1953, p. 43), demonstra-se que as "falhas" desenhadas por Putzer são: (1) a mais a leste é um contato estratigráfico entre as formações Chuí e quinta e (2) a oeste é um contato erosional entre as formações Botucatu e Serra Geral.

Muitos geólogos e geógrafos impressionaram-se com a abrupta escarpa leste dos basaltos da Serra Geral (foto 33) e baseados neste fenômeno tem havido controvérsias, se a mesma foi produzida por falhamento ou por erosão, uma vez que evidências diretas de falhamento são inexistentes. Leinz (1949, pp. 46-47) acentuou as melhores evidências em favor da escarpa por falhamento: "... A escarpa Tôrres-Osório possui rios de extensão insignificante. O divisor de água se acha localizado diretamente na borda da escarpa. A penetração erosiva desses rios na escarpa, apesar do desnível de quase 1000 m., não atinge mais de 10 km., ao contrário do que acontece na escarpa Osório-Santa Maria, com a dissecação pronunciada. Tal juventude fluvial, a zona milonitizada e o falhamento comprovado na Lagoa dos Patos, indicam que houve falhamento intenso no rumo N 30° E, possivelmente de idade terciária, e que também afetou a área coberta pelas efusivas. Assim, cremos que a escarpa Osório-Tôrres não é o término original das efusivas, e sim uma escarpa tectônica provocada por abaixamento do bloco oriental, coberto hoje pelo mar".

Dados obtidos do poço da Petrobás na Lagoa Jacaré, dos antigos poços Tôrres 1 e 2 no município de Tôrres, e do mapa geológico da homoclinal de Osório, indicam que a zona de falhamento responsável pela escarpa da Serra Geral deve estar sob o Atlântico, uma vez que todas as maiores relações estruturais são normais com a presente escarpa topográfica, e isto tão a leste como a Ilha dos Lobos (fig. 30), perfazendo uma distância de 22 quilômetros. Estudos posteriores em outras localidades na homoclinal de Osório indicam que as relações estruturais são normais pelo menos até 10 km. a leste da costa atual.

Assim, parece que a zona de falhamento deve ter sido localizada consideravelmente mais para leste do que se esperava previamente, e que o atual escarpamento foi produzido por recuo de escarpas na maneira indicada por Penck.

Pimenta (1958, p. 13) descreveu uma falha a leste da torre do Farol em Torres, baseando sua conclusão na ocorrência de uma assim denominada brecha de falha. Estudos cuidadosos foram feitos pelo autor e de modo algum foram encontradas evidências de milonitos. Uma vez que as denominadas brechas de falha ocorrem no lado oceânico da colina basáltica, parece ser muito mais lógico considerá-las como sendo talus produzido por abrasão na base do basalto colunar.

Uma das mais impressionantes características estruturais das feições geológicas e geomórficas na costa da América do Sul entre a Ilha de Santa Catarina (Brasil) e a província de Buenos Aires (Argentina), é a predominância da direção estrutural nordeste. Esta direção indubitavelmente possui importância continental, tendo Jones (1956) descrito falhas com rejeitos superiores a dois quilômetros. Carey (1958) usou estes elementos para assentar sua hipótese de rombochasma do Atlântico e muitos autores usaram este mecanismo para firmarem hipóteses em relação à deriva dos continentes. O autor não deseja comentar as relações da direção nordeste com a tectônica mundial, mas prefere restringir-se às especulações acerca da importância desta direção na formação das duas principais unidades estruturais da Planície Costeira.

Parece que toda a margem oeste das grandes lagunas foi envolvida num grandioso sistema de falhamentos que soergueu a Serra de Tapes e abaixou as rochas cristalinas existentes a leste, porque entre Treinta y Tres e Itapoã as falhas com espelhos de falhas, grandes milonitos e inumeráveis juntas, estão alinhadas para o nordeste. Este sistema deve ter se estendido ao norte até a extremidade sul da Lagoa dos Barros, onde uma falha aproximadamente normal ao anterior deve ter formado o limite norte da bacia de Pelotas. A locação exata da zona de falhamento é difícil, porém sua posição relativa foi estabelecida como sendo algures entre a superfície de afloramento do arenito Botucatu na extremidade sul da Lagoa dos Barros e o poço de Palmares do Sul (fig. 2), perfazendo uma distância de 22 quilômetros. Outra falha de direção nordeste continuou ao longo da margem leste da homoclinal de Osório tendendo a soerguê-la, inclinando-a levemente para o nordeste. O bloco abatido está atualmente sob o Atlântico e somente evidências indiretas de sua existência são acessíveis. Uma destas é a natureza linear da curva batimétrica dos 1000 metros na margem continental (fig. 3). Outras, indubitavelmente serão encontradas no futuro quando se fizerem estudos oceanográficos e geofísicos detalhados na porção oeste do Atlântico sul.

É extremamente difícil estimar o rejeito das falhas, uma vez que nem os planos de falha com espelhos de falha, nem os milonitos podem fornecer qualquer evidência da magnitude do rejeito, uma vez que se tem granitos em contato com granitos ou outras litologias carentes de camadas-guias. Assim, devem ser utilizados métodos de superfície. Os fatos geológicos acessíveis são os dados dos poços locados na figura 29 e os perfis gravimétricos de Ghignone (1960). Todos os poços penetram em rochas do embasamento na bacia de Pelotas entre 100 m. (Pelotas) e 440 m. (Palmares do Sul). O item mais chamativo prende-se ao fato de que os sedimentos terciários e quaternários são menos espessos próximo à Serra de Tapes e do atual litoral. Assim, a maior espessura de sedimentos, cerca de 500 m., está aproximadamente a oeste do centro da bacia. Esta observação é corroborada pelos perfis gravimétricos publicados por Ghignone (1960). Conclui-se que o rejeito da zona de falhamento deve ser de aproximadamente 500 m.

Ghignone (1960) interpretou estes fenômenos como sendo evidências de um paleovale estendendo-se ao longo da costa do Rio Grande do Sul. Infelizmente Ghignone não teve o benefício das informações de superfície que consistem em falhas, milonitos e juntas. Tivesse ele estas, parece pouco provável que interpretasse um fenômeno tão grandioso como a bacia de Pelotas como sendo um paleovale. É crença do autor que uma seção estrutural transversal da bacia de Pelotas provavelmente mostraria um bloco cristalino rebaixado e inclinado para oeste. A idade do falhamento é também de difícil datação devido à carência de dados, contudo sedimentos com fósseis do Cretáceo inferior foram encontrados na fossa de Canelones (Jones, 1957), no Uruguai e do Oligoceno e Mioceno na bacia de Pelotas. Assim, o principal falhamento deve ter ocorrido entre o Jurássico superior e o Terciário inferior.

A ocorrência destes falhamentos foi provada porque a planície soerguida de Viamão (formação Itapoã) foi elevada de pelo menos 50 m. acima de sua superfície original de deposição. A zona de falhamento formadora da borda leste da planície soerguida de Viamão é denominada sistema de falhas Coxilha das Lombas (fig. 3). Este pode ser mapeado em superfície pelo menos por 100 km., possuindo uma escarpa de falha de aproximadamente 50 a 70 m. (foto 44); onde a mesma não é evidente, como na porção sudoeste da península de Itapoã, ela passa para uma zona bem desenvolvida de milonitos. O sistema de falhamento Coxilha das Lombas soergueu a porção oeste da Planície Costeira e rebaixou o segmento leste fazendo com que o Pleistoceno antigo esteja exposto no bloco soerguido e o Pleistoceno superior, bem como o Holoceno, no lado rebaixado. Perfis gravimétricos e um poço profundo indicam que o tipo de falhamento é normal, de gravidade, com rota-

ção do bloco rebaixado para o oeste. Uma vez que a Itapoã foi afetada pelo falhamento, parece evidente que a idade da mesma deve ser Pleistoceno inferior. Acredita-se que este tipo de falhamento, com um possível rejeito de 40 a 50 m., tenha sido devido a movimento recorrente de falhas mais antigas. Na Planície Costeira estão presentes muitas falhas secundárias e transversais; contudo, estas geralmente são pequenas e têm a mesma direção tectônica que as juntas. Milhares de juntas foram medidas tornando-se imediatamente visível que tres direções são mais importantes: N 30° - 45° E; N 70° E e N 5° E (fig. 41).

VII - GÊNESE DA PLANÍCIE COSTEIRA

Examinando o mapa geológico (fig. 2) vê-se que o limte interno da Planície Costeira é formado sempre por rochas distribuídas do pré-Cambriano ao Jurássico, enquanto que os sedimentos aflorantes são de idade pleistocênica a holocênica. As rochas cristalinas da área costumam ser colocadas no pré-Cambriano e não foram estudadas em detalhe; contudo, alguns granitos obviamente são sedimentos granitizados e outros talvez sejam intrusivos. Os xistos em sua maior parte são metamórficas de alto grau e os gnaisses principalmente do tipo facoidal. A maior parte destas rochas têm sido falhadas e dobradas desde sua formação, pertencendo estruturalmente ao extremo sul do escudo brasileiro, o qual ocupa grande porção do leste da América do Sul, estendendo-se da bacia amazônica ao Rio da Prata.

No Rio Grande do Sul, um longo período de tempo separou as rochas pré-cambrianas da primeira deposição de sedimentos gondwânicos; estima-se que este hiato tenha se estendido aproximadamente do Cambriano inferior até o Carbonífero superior ou Permiano inferior. Os sedimentos gondwânicos foram depositados discordantemente sobre as antigas rochas cristalinas em ambientes tão variados como glacial, de planície de maré, pantanoso, de lagos continentais e desérticos.

Os sedimentos gondwânicos estão capeados por espessos derrames basálticos tidos como os mais extensos do mundo (Baker, 1920), compreendendo no mínimo 13 e alcançando espessura máxima de 1 km. (Leinz, 1949). A idade dos derrames de lava está compreendida entre o Triássico superior e o Jurássico. Após o resfriamento das lavas, seguiu-se um período de intensa erosão e movimentos estruturais. O basalto tornou-se quebradiço devido a tensões deixando por este motivo de ser uma massa de rocha rígida. Durante o intervalo de tempo que separou o Triássico superior do Cretáceo médio, devem ter ocorrido falhamentos em grande escala, pois neste tempo definitivamente foram separados o Gondwana da América do Sul e o da África do Sul.

DIAGRAMA DE JUNTAS DAS ROCHAS QUE FORMAM O REBORDO
INTERNO DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

FIG. 41

DIAGRAMA DE JUNTAS DAS ROCHAS QUE FORMAM O REBORDO INTERNO DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

FIG 41 CONT.

DIAGRAMAS DE JUNTAS DAS ROCHAS QUE FORMAM O REBORDO INTERNO DA PLANÍCIE COSTEIRA DO RIO GRANDE DO SUL

21 JUNTAS

77 JUNTAS

FIG. 41 CONT.

O mecanismo do falhamento está fora das finalidades deste trabalho, bastando dizer que é uma das mais controvertidas questões da história da geologia. Apesar desta escarpa de falha ter recuado vários quilômetros, ainda apresenta um relêvo de mais de 1000 m. Naturalmente ocorreram falhamentos menores associados com o principal e alguns destes como o da Coxilha das Lombas atuaram durante o Pleistoceno e talvez ainda estejam ativos.

Depois deste período de intensa atividade estrutural ocorreu um relativamente longo de erosão ou não deposição que se estendeu do Cretáceo superior ao Terciário médio. Durante o Terciário o oceano transgrediu a área a oeste da atual Lagoa dos Patos, indo de Tapes (fig. 2) pelo menos até a Lagoa Mirim. Os dados foram obtidos a partir de vários poços, uma vez que a unidade estratigráfica não denominada e possuindo pelo menos 65 m. de espessura não aflora. As rochas depositadas eram areias contendo uma micro e macrofauna invertebrada indicando ambiente de águas rasas e quentes. A idade destas provavelmente é Oligoceno superior ou Mioceno inferior. Após a deposição do Terciário médio seguiram-se processos erosivos cuja exata duração é desconhecida, contudo parece ter abrangido todo o Terciário superior.

A história do Pleistoceno da Planície Costeira é bastante complexa pois contém tres formações geológicas, dois paleoclimas, falhamentos e envolve diversos níveis do mar, sendo portanto mais complexo do que o descrito por Smith (1886). A mais antiga unidade de rocha do grupo Patos acredita-se ter sido depositada pelo Atlântico Sul quando o mesmo possuía um nível mais elevado. Esta formação, denominada Itapoã, contém uma litologia clástica, quartzosa, cujos parâmetros granulométricos são bastantes similares aos das areias quartzosas atualmente em deposição na Ilha de Santa Catarina.

Após a deposição desta unidade ocorreu o sistema de falhamento Coxilha das Lombas, elevando o bloco oeste e abatendo a porção leste da Planície Costeira. Posteriormente, a erosão removeu parcialmente uma porção do Itapoã no bloco falhado leste. É desconhecida a duração deste fenômeno, contudo pode-se concluir a partir de análises granulométricas, que a porção superior foi retrabalhada formando então as dunas. Durante este tempo o nível do mar era mais alto do que o atual, no entanto é difícil estimar-se quanto uma vez que as evidências geológicas e fisiográficas são muito raras.

Durante a formação da laterita Serra de Tapes prevaleceu um clima quente, úmido, com períodos úmidos e secos, acreditando-se que o mesmo corresponda a uma porção de uma idade interglacial pleistocênica, no entanto não é sabido a qual.

A formação seguinte é a denominada Graxaim, composta principalmente por litologias arcóicas. Os fósseis mais importantes desta

são mamíferos do gênero Toxodon, Haploenastodon, Macrauchenia, Equus, Odocoileon, Paleolama, e Glyptodon, sendo todos do Pleistoceno (Cotta, 1944, e Souza e Cunha, 1959) e com grande semelhança à fauna pampeana. A presença destes animais sugere um ambiente de estepe, semi-árido e frio, interpretação que conduz ao seguinte panorama durante o Pleistoceno glacial na América do Sul: (1) a glaciação continental ficou restrita ao sul e provavelmente não se estendeu mais a norte do que a província de Buenos Aires, Argentina, (2) a glaciação montanhosa ficou restrita aos Andes e provavelmente estendeu-se para o norte até a Colômbia, (3) na borda das geleiras continentais da província de Entre Rios, Argentina e através do Uruguai até o sul do estado do Rio Grande do Sul, existiram pampas de loess e (4) ao norte dos pampas de loess e ao sul do escarpamento da formação Serra Geral, existiu provavelmente uma estepe fria abaixo do atual nível do mar.

Antes do fim do Pleistoceno variações eustáticas causaram um maior abaixamento no nível dos oceanos pois, em várias partes do mundo são conhecidos quatro a cinco déles com consequentes variações no nível base dos rios. No Rio Grande do Sul é desconhecido quantas mudanças eustáticas ocorreram porque atividades estruturais modificaram a posição topográfica de formações mais antigas, e dentro da América do Sul existe uma diferença de opinião considerável a respeito do número de idades glaciais havidas. Existe neste Estado pelo menos uma localidade conhecida onde o nível base dos rios foi bastante mais abaixo; esta é o Passo do Mendonça (fig. 2), uma garganta cortada pelo Rio Camaquã através de um granito rosa, maciço e equigranular. A única outra conhecida similar ao Passo do Mendonça é o panelão próximo a costa de Itapoã (veja capítulo III).

Após o nível do mar ter alcançado seu ponto mais baixo, começou gradualmente a subir a medida que as geleiras eram fundidas, iniciando então os rios, a aluviar e preencher lentamente seus vales. A linha de praia na porção central da Planície Costeira era provavelmente uma costa do tipo ria. Os longos espigões (fig. 25) provavelmente eram paredes de vales orientados em direção sudeste, permitindo a deposição de 100 m. de sedimentos em algumas porções destes (Graxaim). A medida que se elevava o nível do mar, todos os cursos de água menores eram afogados no seu próprio aluvião. Esta elevação deve ter sido de 9 m. acima do atual porque: (1) a base da caverna marinha (foto 26) próximo a Itapeva está a 8,5 m. acima do atual nível do mar e (2) o proeminente entalhe de abrasão (foto 6) existente em Torres está a 7,2 m. acima do nível do mar e as cavernas marinhas em Sombrio, Santa Catarina a 6,2 m.

No tempo em que o nível do mar estava aproximadamente entre 6 e 9 m. mais alto, ocorreu a erosão no que presentemente é o banco o-

este da Lagoa dos Patos formando escarpas na Graxaim, evidenciadas nos dias atuais (foto 24).

Durante este tempo os rios tinham somente pequena capacidade de transporte sendo suas cargas constituídas principalmente por areia de granulação fina e silte. Assim, a formação Chuí foi depositada no sentido do mergulho e em sua posição regressiva em relação a formação Graxaim.

Posteriormente forças epirogênicas gradualmente soergueram a porção leste da Planície Costeira aprisionando a água fluente do Guaíba. Com o soerguimento, pântanos locais que posteriormente formaram o lenhito Conceição, foram bem drenados e um clima mais seco impôs-se sobre a área, provocando a formação do caliche Cordão, cujo período formacional é desconhecido.

Um nível de mar mais elevado durante o Holoceno é evidenciado na Planície Costeira por plataformas de abrasão, antalhes de abrasão em cavernas marinhas e conglomerados marinhos. Adicionalmente foram encontrados na área da Lagoa Mirim diatomitos marinhos, como o diatomito Canoa, indicando que esta possuía salinidade muito mais elevada do que atualmente. Confirma esta hipótese a presença de Ostrea nos sedimentos de fundo desta laguna. Assim, este nível de mar relativamente recente, deve ter tido 2 a 3 m. mais do que o atual. Durante este tempo ocorreu erosão na margem leste do escarpamento da Chuí formando-se uma longa e reta linha da costa. A embocadura da Lagoa dos Patos tornou-se mais larga e a barreira próxima a Taim foi quebrada. Um exame acurado da figura 2 mostra claramente estas relações.

Mais tarde, o nível do mar abaixou até alcançar a condição atual possibilitando o aumento da costa até a presente feição. No caso da quinta este acréscimo de costa e a abundância de areia foram consideráveis, fazendo com que fosse transportada pelo vento formando grandes campos de dunas, línguas e dunas isoladas (veja capítulo III). A flutuação do nível do mar teve um efeito profundo sobre os cursos de água da Planície Costeira. Assim, durante os estágios mais elevados os rios aluviavam e formavam terraços e nos mais baixos erodiam e escavavam seus vales, fazendo com que na atualidade todos os cursos de água tenham dois terraços. A equivalência destas formações fluviais às principais unidades mapeadas e às flutuações do nível do mar é mostrada na figura 40.

O autor teme correlacionar as unidades geológicas definidas na Planície Costeira com aquelas encontradas mais ao norte por Bigarella, Salamuni e Marques (1959), Bigarella, Salamuni e Pavão (1959); Bigarella e Freire (1960), com as do Pampeano no Uruguai por Kraglievich (1928) ou as mais ao sul na Patagônia, Auer (1959); porque as diferenciações geológicas e as complexidades estruturais

que separam estas áreas são completamente desconhecidas.

O autor limita-se a seguir a observação de Quenstedt (1858) publicada a mais de cem anos em relação ao Jurássico, porém igualmente aplicável ao Quaternário da América do Sul. "A próxima tarefa que temos de empreender em relação ao Jurássico é medir seções estratigráficas, tão precisas quanto for possível, nos diferentes distritos. A comparação acurada de duas camadas sucessivas com tres polegadas de espessura, pelo significado de seu conteúdo atual, pode contribuir mais frutificamente para o desenvolvimento da ciência do que a catalogação de andares dos mais distantes quadrantes da terra, uma vez que admite-se em princípio não ser isto correto ... " de que adianta ter o homem visto o mundo inteiro, se não compreende o que ocorre em frente a sua própria porta?"

CONCLUSÕES

As principais conclusões de nosso trabalho são:

1. A Planície Costeira do Rio Grande do Sul abrange uma área de 47,150 quilômetros quadrados. Os promontórios de Tôrres e La Coronilla são os limites, respectivamente Norte e Sul desta planície, enquanto as rochas cristalinas da Serra de Tapes, Coxilha das Lombas e Serra Geral formam o limite Oeste e o Oceano Atlântico demarca o bordo do lado Leste.
2. Na Planície Costeira existem quatro áreas principais de terras baixas que são denominadas: (a) a planície arenosa marítima, (b) a planície interior lagunar, (c) a planície soerguida de Viamão e (d) as terras baixas do estuário do Guaíba.
3. Os dois tipos de penínsulas existentes são: rochosas (Itapoã e Formiga) e arenosas (Areias Gordas e Anastácio).
4. Existem muitos esporões e esporões recurvados na Planície Costeira, o maior dos quais é o Pontal de Tapes cujas dimensões atingem 27 quilômetros de comprimento mais a porção do esporão recurvado com 7 quilômetros de comprimento.
5. Os dois pequenos deltas, na área estudada, Jacuí e Camaquã, são rasos, bastante jovens e do tipo estuarino.
6. Na planície marítima, entre Tôrres e La Coronilla, ocorrem mais de 640 quilômetros de praia com areias brancas com larguras variando de 100 a 1000 metros.
7. O grande campo de dunas ao longo da praia acha-se extremamente bem desenvolvido, estando o maior localizado próximo a Mostardas, onde possui 12 quilômetros de largura.
8. Na Planície Costeira existem inúmeros pântanos de água doce com tamanhos variáveis. O maior deles, o Banhado Taim, está sendo drenado presentemente.
9. Existem dois tipos de cavernas marinhas na Planície Costeira: (a) em processo de formação, (b) antigos, topograficamente mais altos, formados durante um antigo nível do mar.
10. Encontram-se tres diferentes tipos de ilhas, quais sejam: (a) ilhas fluviais formadas de rochas graníticas, (b) ilhas lacustrinas, formadas de material arenoso pouco consolidado e (c) uma ilha oceânica constituída de rocha basáltica.

11. Erosão, deposição e períodos de estabilização ocorreram de maneira cíclica na área de Rio Grande. Com construção dos molhes, obteve-se uma estabilização quasi completa do cone detrítico.
12. A classificação das lagunas e lagoas na Planície Costeira é a seguinte: (a) grande lagunas, (b) lagoas em rosário, (c) grandes lagoas topograficamente relacionadas com rochas mais antigas, (d) lagoas cordiformes, (e) lagoas pretas e (f) embocaduras.
13. A direção de vento mais proeminente na Planície Costeira é a Nordeste.
14. Os tre principais tipos de sambaquis são: (a) concheiros, (b) restos de cozinha e (c) montículos de terra.
15. As duas maiores unidades tectônicas da Planície Costeira são a Bacia de Pelotas e a Homoclinal de Osório, sendo a superfície da primeira aproximadamente vinte vezes a da segunda.
16. As rochas pré-quaternárias expostas na área são o arenito Botucatu e o basalto Serra Geral.
17. Em sub-superfície, recobrimdo o embasamento cristalino, ao longo do lado Oeste da lagoa pode ser encontrado um arenito terciário sem nome formal estratigráfico.
18. Saprolitos ocorrem ao longo do limite interno da Planície Costeira, recobrimdo as antigas rochas da área, aparecendo como tipo mais comum o "grus".
19. A formação Itapoã é a mais velha formação quaternária na área, tendo como litologia principal areia quartzosa, de granulação fina a média.
20. O arcócio Graxaim recobre e transgride rochas mais velhas na Planície Costeira. Ele contém mamíferos fósseis como: Toxodon platensis, Haplomastodon waringi, Macrauchenia patachonica, Scua sp., Odocoileini sp., Paleolama e Glyptodon sp.
21. Areias quartzosas, amarelo-esverdeadas, semi-consolidadas, constituem o que chamamos a formação Chuí, a qual é considerada a formação mais jovem da área.
22. Várias mudanças post-deposicionais ocorrem na formação Chuí. As mais importantes destas mudanças são: oxidação, calcificação e formação de lenhitos.

23. A formação quinta é a mais jovem formação geológica na Planície Costeira do Rio Grande do Sul e apresenta-se bastante heterogênea, sendo principalmente constituída litologias clásticas.
24. Cada rio na Planície Costeira tem um par de terraços, um com elevação entre 12 e 20 metros acima do nível médio das águas e outro entre 3 e 5 metros.
25. Na área estudada, existiram durante o Quaternário, no mínimo dois paleoclimas, diferentes um do outro e do atual.
26. A zona de falhamento formadora da borda Leste da planície soerguida de Viamão é denominada sistema de falhas Coxilha das Lombas. Este pode ser mapeado em superfície pelo menos por 160 quilômetros, possuindo uma escarpa de falha de aproximadamente 50 a 70 metros.
27. As direções de juntas mais importantes são: N 30° - 45° E, N 70° E e N 5° E.
28. Os eventos da história geológica da área durante o Quaternário são:
- (a) Deposição da formação Itapoã
 - (b) Falhamento Coxilha das Lombas
 - (c) Clima quente, úmido, com períodos e secos, provocando a formação da laterita Serra de Tapes
 - (d) Deposição da formação Graxaim com mamíferos fósseis, indicando um ambiente de estepe, semi-árido e frio
 - (e) Abaixamento do nível do mar provocando escavações e encaixamento dos rios em seus vales
 - (f) Deposição da formação Chuí e posterior calcificação provocada por um clima mais seco
 - (g) Gradual epirogenia da porção Leste da Planície Costeira e a formação da grandes lagunas
 - (h) Um posterior nível do mar mais alto que é evidenciado por plataformas de abrasão, cavernas marinhas e conglomerados marinhos
 - (i) Gradual abaixamento do nível do mar até o nível atual, possibilitando o aumento da costa e deixando a abundância de areia que foi transportada pelo vento formando grandes campos de dunas, dunas isoladas, línguas de areia e, indiretamente os principais aspectos fisiográficos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

OBAS CONSULTADAS

AGUIAR, José e SPALDING, Walter - El sistema lacustre sud-riograndense oriental. 1ª Parte: La barra del Rio Grande y la Laguna de los Patos. Montevideo, Imprenta Militar, 1939.

ARRONS, Guilherme - Relatório da Cia. de Minas de Carvão de Pedra de Arroio dos Ratos.

Breve contestação ao relatório confeccionado pelo Exmo. Sr. Honório Bicalho sobre os melhoramentos da Barra do Rio Grande. Estudos sobre a Barra do Rio Grande. Porto Alegre, 1887.

ALVIN, Paulo A. - Catálogo das rochas do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Cat. nº 1 da Div. Geol. e Min., Rio de Janeiro, Ministério Agric., 1943.

ANTUNES, Paranhos - As restingas do Litoral Gaúcho. Bol. Geogr. do Est. R.G.S., Diret. Reg. Geogr. e da Seq. Geogr., P. Alegre, 3(8): 31-32, 1958.

ARELLANO, A.R.V. - Barrilaco pedocal, a stratigraphic markes Ca. 5000 B.C. and its climatic significance. Congrès Géologique International Comptes Rendus de la Dix-Neuvième Session. Alger, 1952. Section VII. Deserts actuels et anciens. Fascicule VII.

ARKELL, W.J. - Jurassic Geology of the World. New York, Hafner Publishing Co., 1956.

ASSIS, Kleber Borges de - O Rio que não é rio. Porto Alegre Ofic. Graf. Livr. do Globo, 1960.

AUER, Vaino - The Pleistocene of Fuego-Patagonia. Pat. III: Shore-line Displacements, in Wissenschaftliche Ergebnisse der Finnischen Expedition nach Patagonien 1937-38 und der Finnisch - Argentinischen Expeditionen 1947-1953, 1957. Band IV. Annales Academiae Scientiarum Fennicae, Helsinki, 1959.

BAKER, Charles L. - The Lava Field of the Parana Basin, South America. Journal of Geology, Chicago, 31(1): 66-79, 1923.

BARCELLOS, Boaventura N. e RICHARDSON, Ian D. - Carta Pesqueira do Rio Grande do Sul. Pesquisa sobre a pesca do alto mar em Rio Grande. P.Alegre, Secr. Agr., 1960.

BARRETO, Abeillard - As primeiras investigações científicas no Rio Grande do Sul. Relatório de L. 374 do Min. Agric., Ind. Com., Rio de Janeiro, 1937, anexo 3.

- BICALHO, Honório - Relatório sobre o melhoramento da barra do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, Imprensa Oficial, 1883-84, 3 v.
- FIGARELLA, João José e FREIRE, Sonia S. - Notas sobre a ocorrência de cascalheiro marinho no litoral do Paraná. Boletim da Universidade do Paraná. Conselho de pesquisas. Instituto de Geologia, nº 3, out. 1960.
- FIGARELLA, J.J., SALAMUNI, R. e MARQUES F^a, P.L. - Ocorrência de depósitos sedimentares continentais no litoral do Estado do Paraná. IEPT. Notas prelim. e estudos, Curitiba, 1: 1-7, 1959.
- FIGARELLA, J.J., SALAMUNI, R. e PAVÃO, E.M. - Contribuição do estudo dos sedimentos praias recentes. I Praia de Ubatuba (Estado de Santa Catarina - Brasil). Inst. de Geologia, Curitiba, 1: 1-101, 1959.
- BISCHOFF, Th. - Ueber die sambaguis in der Provinz Rio Grande do Sul (Brasilien) - Zeits f. Ethnologia, Berlin B 1887, pg. 196-198.
- BUCKUP, L. e BUCKUP, R.H. - Catálogo dos Moluscos do Museu Riograndense de C. Naturais. Series Cient., Mus Riogrand. Cienc. Nat., Zool. nº 1 (fevereiro), Porto Alegre. Secr. Ed. Cult., Div. Cult., Div. Cienc., 1957.
- CABRAL, Alcindo F. - Análises da água da Lagoa Mangueira. Bol. Tecn. do Inst. Agron. do sul, Pelotas, 5: 130-140, 1952.
- CAORSI, J.H. e GOMI, J.C. - Geologia Uruguaia. Bol. Inst. Geol. Uruguaia, Montevideo, vol. 37, agosto, 1958.
- CAREY, S.W. - The tectonic approach to continental drift. Continental Drift, a Symposium. Univ. Tasmania, Hobart, Tasmania, Australia, 1958.
- CARVALHO, Paulino F. de - Reconhecimentos geológicos no Estado do Rio Grande do Sul. Bol. Serv. Geol. Miner. Rio de Janeiro, Min. Agr., nº 66, 1932.
- CHEBATOROFF, Jorge - Regiones naturales del Uruguay y del Rio Grande del Sur. Rev. Urug. de Geogr., p. 5-40, Montevideo, Assoc. Geol. Urug., 2 (4): 5-40, 1951.
- CHEBATOROFF, Jorge - Denominação do Guaíba e o moderno conceito de estuário. Bol. Geogr. do Est. do R.G.S., P. Alegre, 4 (9-10): 49-53, 1959.

- CLOSS, Darcy e BARBERENA, Mario C. - Foraminíferos Recentes da Praia do Cassino (Rio Grande, R.G.S.) Bol. Esc. Geologia Univ. R.G.S., Pôrto Alegre, nº 5, 1960.
- COSTA, Geraldo T.D. da - Os grandes grupos de solos no Rio Grande do Sul. Bol. Geogr. do Rio Grande do Sul, P. Alegre, Secr. Agr. Ind. Com. Sep., nº 4, 1958.
- COUTO, Carlos de P. - Sobre a presença dos gêneros Hippidion e Taxodon Owen, no Pleistoceno do Rio Grande do Sul. Bol. Museu Nacional, Nova Série, nº 2 (novembro), Rio de Janeiro, 1944.
- CUNHA, Fausto L. de Souza - Mamíferos fósseis do Pleistoceno do Rio Grande do Sul. Ungulados. Bol. Depart. Nac. Prod. Min., Rio de Janeiro, nº 202, 1959.
- DELANEY, Patrick, J.V. - Geologia e Ecologia do Litoral Gaúcho. Bol. Geogr. do Estado do R.G.S., Pôrto Alegre, 3 (8): 29-31, 1958.
- DELANEY, Patrick, J.V. - Lagoas Cordiformes do Rio Grande do Sul - Brasil. Bol. Esc. de Geol. da URS, Pôrto Alegre, nº 3, 1960.
- DELANEY, Patrick, J.V. - A planície costeira e o sistema lagunar do Rio Grande do Sul. Rev. Not. Geomorf., Univ. Catol. de Campinas, Fac. de Filos., Cien. e Letr., Depart. de Geogr., Ano II, agosto de 1960, nº 6, pp. 5-11, Campinas.
- ENGLERT, Luiz - Elementos de constituição geológica do Estado. Pôrto Alegre, Rev. Egatéia, 16 (3-4): 109-115, 168-174, 1931.
- ERMAN, Sven - Zoogeography of the Sea. London, Sidgwick and Jackson, 1953.
- FALCONER, Juan D. - Memória explicativa del mapa geológico de la region sedimentaria del Departamento de Cerro Largo (formacion del Gondwana). Inst. Geol. y perfor., v. nº 12, 22, p. 17, est., 1 mapa geol. de Depart. Cerro Largo.
- FREITAS, Ruy C. de - Ensaio sobre a tectônica moderna do Brasil. Bol. da Fac. Geol., São Paulo, nº 6, 1951.
- GAY, J.P. - História da República Jesuítica do Paraguai. Rio de Janeiro, 1863.
- GAY, J.P. - História da República Jesuítica do Paraguai desde o descobrimento do Rio da Prata até nossos dias, ano de 1861. Rio de Janeiro, 1863.

- GHIGNONE, João Ítalo - Reconhecimento gravi-magnético na Bacia de Pelotas. Bol. Tecn. da Petrobás, Rio de Janeiro, 3 (2): 73-75, abril-junho, 1960. pp. 73-75. Rio de Janeiro.
- GLIESH, Rudolf - A Fauna de Tórres. Porto Alegre, Of. Gráf. da Esc. Eng., 1925.
- GLIESH, Rudolf - Sobre a origem dos sambaquis. Rev. Egeatéia, P. Alegre, 17 (4-5): 190-207. 1932.
- GOMI, J.C. e DELANEY, P.J.V. - Estudo estatístico dos minerais pesados da formação Botucatu. Rio Grande do Sul (Brasil) e Uruguai. Bol. da Universidade do Paraná. Geologia. 6:1-27, 1961.
- GUILCHER, André - Coastal and submarine morphology. New York, John Wiley, 1958.
- INERING, H.V. - Die Lagoa dos Patos. Deutsch e Geogr. Blatter, Bremen, 8 (2): 163-204, 1885.
- INERING, Herman V. - As ilhas oceânicas do Brasil. A Ilha de Fernando Moronha. Rev. Bras., Rio de Janeiro, 4: 101-108, 164-173, 1895.
- INERING, Herman V. - As ilhas oceânicas do Brasil. Trindade. Rev. Bras., Rio de Janeiro, 3: 256-260, 1895.
- INERING, Herman V. - A origem dos sambaquis. Rev. Inst. Hist. Geogr., São Paulo, 8: 446-457, 1903 v. VIII, p. 446-457.
- INERING, Herman V. - Archeologia comparativa do Brasil. Rev. do Mus. Paulista, São Paulo, 7: 519-583, 1904.
- Joly, J. - Experiences sur la dénudation par dissolution dans l'eau douce et dans l'eau de mer. VII Cong. Geol. Int. Paris, Pas. pp. 774-784, 1901.
- JONES, Gordon H. - Memoria explicativa y mapa geologico de la region oriental del departamento de Canelones. Bol. Inst. Geol. Uruguay, nº 34, Montevideo, nº 34, 1956.
- JONES, G.H. - Some deep mesozoic basins, recently discovered in southern. Uruguay.
Mexico, Congresso Geológico Internacional XXª Lerion, Sección II, 1957.

- KERNER-MARILAUN, Fritz von - Die klimatischen Schwellenwert d. Vollaendigen Lateriprofils. Sitzung'sberichte d. Akad. d. Wissens, in Wien, Math-Naturwiss. Klasse, Abt. II^a, 136 (7): 413-428, 1927 Bd, 7 t., 1927 s. 413-428.
- KLEIN, Roberts M. - Der Kustenwald in Rio Grande do Sul. Rev. Pesquisas, Botan. Pôrto Alegre, Graf. Univ. R.G.S., n^o 14, 1961.
- KOSERITZ, Carlos von - Sambaquis da Conceição do Arroio. Revista Inst. Hist. Geogr. do R.G.S., Pôrto Alegre, 47 (1): 179-182, 1884.
- KRAGLIEVICH, L. - Apuntes para la Geologia e Paleontologia de la Rep. Oriental del Uruguay. Rev. Amigos Arqueol. 2; 5-61, 1928.
- LEINZ, Viktor - Calcários de Vacacaf, São Gabriel, Rio Grande do Sul. Min. Metal., Rio de Janeiro, 7 (37): 25-31, 1934.
- LEINZ, Viktor - A fossa do Camaquã do Passo do Mendonça, Rio Grande do Sul. Miner. metal., Rio de Janeiro 4 (73): 22-23, 1948.
- LEINZ, Viktor - Contribuição à geologia dos derrames basálticos do sul do Brasil. Bol. Faculdade de Fil. Cienc. e Letr., U. S. Paulo 3 (5), 1949.
- MAACK, Reinhard - Symposium ueber das gonwana-system die entwicklung ber gondwana-schichten suedbrasiliens und ihre beziehungen zur karruformation suedafrikas.
- MACCOLL, Carlos R. Piriz - Las arenas Negras radioactivas del Uruguay. Contenido en Minerales Pesados de las Arenas de las Costas Uruguayas desde Montevideo al Chuy. Montevideo apartado de la Revista "Química Industrial", vol. II n^o 4, 1953.
- MACHADO, Floriano P. - Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul. Rio de Janeiro, IBGE, 1950.
- MARTINS, Emmanuel A. - Síntese geológica do Rio Grande do Sul. Avulso do Mus. Nac., 1952.
- MARTINS, Emmanuel A. - Fósseis da sondagem de L 862 e Pelotas, Rio Grande do Sul. Bol. Mus. Nac., (Nova Série), Geol. Rio de Janeiro, n^o 17, 1952.
- MARTINS, Emmanuel A. - Os rochedos de Tôrres no Rio Grande do Sul. Fac. Fil. Universidade Fed., - Rev. Cult. Escada, n^o 2, pp. 5-7, Rio de Janeiro.

MORENO, J.A. - Clima do Rio Grande do Sul. Bol. Geogr. do Est. do R.G.S., Porto Alegre, 6 (11): 49-54, 1961.

MORENO, José A. - Estudo geográfico do litoral sul-riograndense. Praia Atlântica. Bol. Geogr. do Est. do R.G.S., Porto Alegre, 4 (9-10): 47-48, 1959.

MORGAN, S.P. - Coastal Morphological changes resulting from H. ne "Audrey". Reprinted from Proceedings Salt Marsh Conference. The Marine Institute, University of Georgia, Sapelo Island, Georgia, April, 1959.

NOGUEIRA, Paulo de C. - Regiões fisiográficas do Estado do Rio Grande do Sul. Centro Morais Rego, Bol. Geol. e Metal. nº 5, 1948.

OLIVEIRA, Avelino I. e LEONARDOS, Othon H. - Geologia do Brasil. Rio de Janeiro. Minist. Agric., 1943.

PALDOOF, João M. - Archeologia Riograndense. São Paulo, Tipografia do Diário Oficial, 1900.

PIMENTA, Jean - A faixa costeira meridional de Santa Catarina. Bol. Div. Geol. Miner., Rio de Janeiro, D.N.P.M., nº 176, 1958.

PINTO, Irajá D. - Novos Ostracoides da Família Darwinulidae e a variação das Impressões Musculares. Bol. I.C.N. Porto Alegre, nº 11, 1961.

PORTO, Jorge - Contribuição ao Estudo das Vias de Comunicações no Rio Grande do Sul, 1951.

PRICE, Armstrong W. - Reynosa Problem of South Texas, and Origin of Caliche. Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists. 17 (5), May 1933.

PUHL, José - A atuação dos ventos na formação Dunar e Pedogênica do Litoral Riograndense. Supl. da Rev. Veritas Pont. Univers. Cat. 1, do R.G.S., Porto Alegre, 1961.

PUHL, José - A faixa litorânea Riograndense. Porto Alegre, Pontif. Univ. Cat., s. d.

PUTZER, Hannfrit - Diastrofismo "Germanótipo" e sua relação com o vulcanismo basáltico na arte meridional de Santa Catarina. Bol. da Sociedade Bras. de Geol., 2 (1) maio de 1953.

PETZER, Hannfrit - Geologia da fôlha do Tubarão, Estado de Santa Catarina. Bol. Div. Pom. Prod. Min., Rio de Janeiro, D.N.P.M., nº 90, 1955.

QUENSTEDT, F.A. - Der Jura (Tubigen), 1858.

RAMBO, B. - A fisionomia do Rio Grande do Sul. Jesuítas no Brasil. v. VI, Pôrto Alegre, Livraria Selbach, 1942.

RAMBO, B. - A fisionomia do Rio Grande do Sul. Jesuítas no Brasil. v. VI, Pôrto Alegre, Livraria Selbach, 1956.

RAMBO, Balduino - História da Flora do Litoral Riograndense. Sellowia 6: 113-172, 1954.

RAMBO, Balduino - ibid. 2ª edição.

RHEINGANTZ, Carl - Pesquisas de Petróleo no Estado do Rio Grande do Sul. Assoc. Bras. de Quím., Anais do 2º Congr. Quím. Tecnol., nº 4, pp. 58-66, Publ. sob os auspícios do Cons. Nac. de Pesq. Pelotas, 1955.

RUSCHEL, Ruy R. - As Tôrres do Litoral Gaúcho. Bol. Geogr. do Est. do R.G.S., Pôrto Alegre, Diret. Reg. de Geogr., 6 (11): 26-39, 1961.

SAKAMOTO, T. - Rock weathering on "Terras firmes" and deposition on "Varzeas" in the Amazon. Reprinted from Journal of the Faculty of Science, University of Tokio, Sec. II, 2 (2): 155-216, July, 1960.

SANFORD, Robert M. and LANGE, Frederico W. - Basin study approach to oil evaluation of Paraná miogeosyncline, South Brazil. Bull. of the Amer. Assoc. of Petrol. Geol., Tulsa, Oklahoma, 44 (8): 1316-1370, aug., 1960.

SELLOW, Fr. (Weiss, Cristian Samuel) - Ueber das sudlich Ende des gebirgszuges von Brasilien in der Provinz São Pedro do Sul und der Banda Oriental oder dem Staat Vom Montevideo. Berlin, Acad. Wissens. Phys. Klasse, 1827-1828, p. 217-293, 2 pls.

SENA SOBRINHO, M. - Reconhecimento geológico na costa sul do pôrto do Rio Grande ao Chui. Miner. Mtl., Rio de Janeiro, 8 (15): 189-191, 1950.

SENA SOBRINHO, Mariano - Mapa mineiro-geológico do Rio Grande do Sul, Estado do R.G.S., Brasil. Pôrto Alegre, Livraria do Globo, 1958.

SENA SOBRINHO, Mariano - Reconhecimento geológico nos banhados do Taim. Bol. Geogr. do Est. do R.G.S., P. Alegre, Dir. Reg. de Geogr., 6(11): 17-25, 1961.

- SERRA, Nicolas - Memoria explicativa del mapa geologico del Departamento de Treinta y Tres. Bol. Inst. Geol. del Uruguay, n° 31, Diciembre, 1944.
- SERRANO, Antônio - Los sambaquis y otros ensayos de arqueologia e etnologia. Anais do 3º Congr. Hist. Geogr. Sulriograndense, Porto Alegre, 1940, v. 2 pp. 327-387, ilustr.
- SIMPSON, G.G. e PAULA COUTO, C. de - The mastodons of Brazil. Bull. Amer. Mus. Nat. Hist., vol. 112, art. 2, pp. 125-150, figs. 1-11, est. 1-23, tab. 1-13, 1957.
- SMITH, Herbert H. - The Naturalist's Brazilian expedition. Amer. Naturalist, Philadelphia, 17: 351-358, 707-716, 1007-1014, 18: 464-470, 578-586, 1883-84.
- SMITH, Herbert H. - Geologia do Rio Grande do Sul. Anuário do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1901 pp. 113-122.
- SPALDING, Walter - O guaiba, a Lagoa dos Patos e a Barra do Rio Grande. Bol. Geogr. do Est. do R.G.S., Porto Alegre Diret. Reg. de Geogr., 6 (11): 98-104, 1961.
- STOCKS, Theodor von und WUST, Georg - Die Tiefenverhältnisse des Offenen Atlantischen (Publ.) - Morphologie des Atlantischen Ozeans Erste Lieferung, 1935.
- TARGA, Ferruccio - Porque deve haver petróleo no Rio Grande do Sul. Egatéia, Porto Alegre, 16 (3-4): 81-86, 1931.
- VASSÃO, Cícero M. - Reconhecimento topográfico da Lagoa Mangueira. Bol. Tecn. do Inst. Agron. do Sul, Pelotas, 5: 119-129, 1952.
- VASSÃO, Cícero M. - Recuperação da Baixada Sulriogradense. Ponte Barragem sobre o Rio São Gonçalo (Estufo). Depart. Nac. de Portos, Rios e Canais, 1957.
- WHITE, I.C. - Geology of South Brazil. Science, 24: 377-379, sept. 1906. v. XXIV, pg. 377-379.
- WHITE, I.C. - O Carvão Brasileiro. Salvador, Dir. Agric. Est. Bahia, 8: 134-142, 1906. v. VIII (extraído do Jornal do Comércio, Rio de Janeiro, 13/3/1906).
- WHITE, I.C. - Relatório final. Comissão de Estudos das Minas de Carvão de Pedra do Brasil, 1908.
- V.P. - On the genesis of cusped spits along lagoon shores. The Journal of Geol., Chicago, 67 (3): 265-277, may 1959.