VALDOMIRO DOS SANTOS

Tutor de ensino: módulo de agente de avaliação do comportamento de alunos no
aprendizado em cursos de engenharia

São Paulo
2016

VALDOMIRO DOS SANTOS

Tutor de ensino: módulo de agente de avaliação do comportamento de alunos no
aprendizado em cursos de engenharia

Dissertação apresentada a Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Ciências.

São Paulo
2016

VALDOMIRO DOS SANTOS

Tutor de ensino: módulo de agente de avaliação do Comportamento de alunos no
aprendizado em cursos de engenharia

Dissertação apresentada a Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Engenharia de
Sistemas Eletrônicos

Orientador: Prof. Dr. Francisco Javier
Ramirez Fernandez

São Paulo
2016

Catálogo-na-publicação

Santos, Valdomiro dos

Tutor de ensino: módulo de agente de avaliação do comportamento de alunos no aprendizado em cursos de engenharia / V. Santos -- versão corr. -- São Paulo, 2016.

108 p.

Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos.

1. Educação 2. Educação (Avaliação) 3. Educação (Quantificação) 4. Comportamento (Identificação) I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos II. t.

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Francisco Javier Ramirez Fernandez pelo apoio, ajuda e compreensão, dada ao longo do período de elaboração e a conclusão deste trabalho.

Às minhas colegas Nanci de Oliveira e Elisabete Galeazzo que participaram ajudando, apoiando e auxiliando no desenvolvimento deste trabalho, em especial também, à Silvia Maria Farani Costa que acreditou e apresentou a este encaminho.

À minha família, esposa Isabel Kino e os filhos Leandro Kino e Henrique Kino, pelo apoio e colaboração em todos os momentos.

RESUMO

O comportamento e o desempenho acadêmico dos alunos em cursos de Engenharia é um campo fértil, interessante e crescente de investigação. Este trabalho apresenta os resultados obtidos na análise estocástica do progresso dos alunos em 15 cursos de graduação das diferentes opções oferecidas pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP). Para realizar esta análise, foi desenvolvido um agente de avaliação aplicando-se o Processo de Decisão de Markov (PDM). Esse agente de avaliação extrai observações parciais dos estados atuais das notas dos alunos nas disciplinas cursadas e possibilita a identificação de ações adequadas para modelar autonomamente o comportamento futuro do aluno. O algoritmo aplicado estima o esforço que representa o estado cognitivo do aluno baseado em uma relação de pares estado/ação, calculada com base nas notas obtidas ao longo do período compreendido entre os 2000 e 2010. O período em que um aluno obteve uma nota de aprovação torna possível o estudo temporal desse evento, o que permite a utilização de métodos de agrupamento de dados, como os modelos ocultos de Markov, para a avaliação do comportamento das notas dos alunos durante os cursos de Engenharia. O presente estudo se fundamentou no agrupamento das notas dos alunos em três níveis para a classificação dos comportamentos das notas desses alunos.

Palavras-chave: Ensino em Engenharia. Agente de avaliação. Processo de Decisão de Markov (PDM).

ABSTRACT

The students behavior and academic performance in engineering programs is a fruitful field, interesting and crescent research. This paper presents the results of student progress obtained in stochastic analysis in 15 undergraduate courses of offered by the Escola Politécnica of the São Paulo University (EPUSP). An evaluation agent was developed to perform this analysis, applying the Markov Decision Process (PDM). This evaluation agent extracts partial observations of the current state of students' grades in courses taken, enabling the identification of appropriate actions to autonomously shape the student future behaviour. The algorithm applied estimates the effort that represents the cognitive state of the student on states/action, based on the grades obtained during the period between 2000 and 2010. The period which a student received a passing grade makes possible the temporal study of this event, allowing the use of data grouping methods, such as hidden Markov models for the evaluation of the behaviours of students' grades for the courses of engineering. This study is based on students grades at three different levels, classifying the behaviour of the notes.

Key-words: Engineering education, Evaluation agent, Markov Decision Process (MDP).

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Reta da nota com intervalo de 0 a 10 e os pontos críticos.</i>	19
<i>Figura 2: Reta das notas dividida em três conjuntos de grupos A, B e C.</i>	20
<i>Figura 3: Representação dos conjuntos do grupo A, B e C.</i>	21
<i>Figura 4: Estrutura de uma cadeia de Markov com os cinco estados.</i>	23
<i>Figura 5: MOM de cinco estados observáveis</i>	24
<i>Figura 6: Representação dos estados dentro dos conjuntos do grupo A, B e C.</i>	25
<i>Figura 7: Padrão de arquitetura Model-View-Presenter (MVP).</i>	34
<i>Figura 8: Visão geral do caso de uso proposto pelo sistema.</i>	36
<i>Figura 9: Modelo Entidade Relacional (ER).</i>	43
<i>Figura 10: Estrutura de funcionamento do sistema de avaliação de comportamento das notas.</i>	45
<i>Figura 11: Tela principal do sistema.</i>	46
<i>Figura 12: Tela de Importação para arquivos CSV.</i>	47
<i>Figura 13: Tela de Exportação de arquivos CSV.</i>	48
<i>Figura 14: Tela de Manutenção dos dados dos alunos.</i>	49
<i>Figura 15: Tela de Manutenção dos status da disciplina cursada pelo aluno.</i>	50
<i>Figura 16: Tela de Manutenção de encerramento de curso do aluno.</i>	50
<i>Figura 17: Tela de Manutenção das disciplinas.</i>	51
<i>Figura 18: Tela de Manutenção do tipo Ingresso nas Engenharias.</i>	52
<i>Figura 19: Tela de Manutenção dos Cursos e Habilitações das Engenharias.</i>	53
<i>Figura 20: Telas dos Relatórios existentes no Sistema.</i>	54
<i>Figura 21: Tela de Classificação dos grupos A, B e C no Sistema.</i>	55
<i>Figura 22: Tela de Controle dos Alunos Classificação nos grupos A, B e C.</i>	56
<i>Figura 23: Tela de Geração da Matriz de comportamento dos Alunos por grupo.</i>	57
<i>Figura 24: Tela de comparação dos comportamentos das notas dos alunos.</i>	58
<i>Figura 25: Lista de alunos matriculados de 2000 a 2014.</i>	59
<i>Figura 26: Alunos separados por tipos ingresso.</i>	60
<i>Figura 27: Lista de alunos matriculados de 2000 a 2010.</i>	62
<i>Figura 28: Representação do resultado das notas dos Alunos.</i>	63
<i>Figura 29: Interação com a aplicação para identificação de todas as Engenharias.</i>	64
<i>Figura 30: Interação com a aplicação para realizar a classificação.</i>	64
<i>Figura 31: Visão Geral da classificação dos A, B e C.</i>	65
<i>Figura 32: Geral dos modelos e identificação do comportamento por grupo.</i>	66
<i>Figura 33: Resultado da análise da obtida do sistema.</i>	68
<i>Figura 34: Cadeia de Markov gerado por grupo A, B e C no período de 2000 a 2010.</i>	70
<i>Figura 35: Interação com o sistema para gerar o estudo de caso.</i>	74
<i>Figura 36: Grupos A, B e C gerados para o estudo de caso.</i>	75
<i>Figura 37: Disciplinas do Núcleo Comum no 1º ano da EC3 Poli-USP - 2014 (São Paulo e Santos).</i>	76
<i>Figura 38: Geração dos modelos e identificação dos comportamentos.</i>	77
<i>Figura 39: Criação do grupo de estudo dos alunos que estão em processo de formação.</i>	78
<i>Figura 40: Aplicação do Agente de Avaliação para identificação do esforço.</i>	78
<i>Figura 41: Procura de modelos que são compatíveis com os que estão em formação.</i>	79
<i>Figura 42: Disciplinas envolvidas para a avaliação Engenharia – Circuitos Eletrônicos.</i>	80
<i>Figura 43: Resultados das Transições de Estados dos Grupos A, B e C.</i>	82
<i>Figura 44: Resultados dos Estados mais Visitados por Grupos A, B e C.</i>	83
<i>Figura 45: Comportamento das notas dos alunos na cadeia de MARKOV dos grupos A, B e C.</i>	84
<i>Figura 46: Disciplina envolvida na avaliação Engenharia – Circuitos Eletrônicos.</i>	85
<i>Figura 47: Geração dos modelos por aluno de análise do comportamento por grupo A, B e C.</i>	86
<i>Figura 48: Gráfico de esforço das notas dos Grupos A, B e C.</i>	87
<i>Figura 49: Disciplina envolvida na avaliação do curso Engenharia – Circuitos Elétricos.</i>	88
<i>Figura 50: Resultado da aplicação do algoritmo de MARKOV.</i>	89
<i>Figura 51: Visão geral da Cadeia de MARKOV obtida nos grupos A, B e C.</i>	90
<i>Figura 52: Análise do esforço por grupo A, B e C.</i>	91
<i>Figura 53: Esquema Conceitual.</i>	103
<i>Figura 54: Esquema Físico.</i>	104

LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Lista de estados com as situações.</i>	26
<i>Tabela 2: Lista de decisões com o custo/esforço ao atingir o estado.</i>	27
<i>Tabela 3: Especificação – importar de arquivo CSV.</i>	37
<i>Tabela 4: Especificação – Criar Grupo de Estudo</i>	37
<i>Tabela 5: Especificação – Adicionar Disciplinas ao Grupo de Estudo</i>	38
<i>Tabela 6: Especificação – Adicionar Ano Grupo de Estudo</i>	38
<i>Tabela 7: Especificação – Classificar dos Alunos nos grupos A, B e C de estudo</i>	39
<i>Tabela 8: Especificação – Gerar modelos de estudo</i>	39
<i>Tabela 9: Especificação – Observar os Modelos de estudo</i>	40
<i>Tabela 10: Especificação – Gerar Relatório da Matriz</i>	40
<i>Tabela 11: Esforços separados pelos grupos A, B e C.</i>	67
<i>Tabela 12: Lista de Alunos por grupos A, B e C.</i>	71
<i>Tabela 13: Lista de Formados por Ano.</i>	73
<i>Tabela 14: Valores dos esforços por grupo A, B e C.</i>	81
<i>Tabela 15: Valores dos esforços por grupo A, B e C.</i>	86
<i>Tabela 16: Valores dos esforços por grupo A, B e C na Disciplina PSI3212.</i>	90
<i>Tabela 17: Descrição das informações dos atributos dos alunos.</i>	100
<i>Tabela 18: Descrição das informações dos atributos das disciplinas.</i>	101
<i>Tabela 19: Dicionário de dados para a entidade “TbAluno”.</i>	105
<i>Tabela 20: Dicionário de dados para a entidade “TbCurso”.</i>	105
<i>Tabela 21: Dicionário de dados para a entidade “TbDisciplina”.</i>	106
<i>Tabela 22: Dicionário de dados para a entidade “TbEncerramento”.</i>	106
<i>Tabela 23: Dicionário de dados para a entidade “TbGrupoABC”.</i>	107
<i>Tabela 24: Dicionário de dados para a entidade “TbHabilitacao”.</i>	107
<i>Tabela 25: Dicionário de dados para a entidade “TbMatricula”.</i>	108
<i>Tabela 26: Dicionário de dados para a entidade “TbModeloAluno”.</i>	108
<i>Tabela 27: Dicionário de dados para a entidade “TbNota”.</i>	109
<i>Tabela 28: Dicionário de dados para a entidade “TbObservado”.</i>	109
<i>Tabela 29: Dicionário de dados para a entidade “TbStatusDisciplina”.</i>	110
<i>Tabela 30: Dicionário de dados para a entidade “TbTipoEstudo”.</i>	110
<i>Tabela 31: Dicionário de dados para a entidade “TbTipoIngresso”.</i>	110
<i>Tabela 32: Dicionário de dados para a entidade “TbTurma”.</i>	111

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

CIED	Congresso Internacional ABED de EAD
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CSV	<i>Comma-Separated Values</i>
EAD	Educação à Distância
ER	Entidade Relacional
HMM	<i>Hidden Markov Model</i>
MDP	<i>Markov Decision Process</i>
MOM	Modelos Ocultos de Markov
MVP	<i>Model-View-Presenter</i>
PDM	Processo de Decisão de Markov
PDMPO	Processo de Decisão de Markov Parcialmente Observável
POMDP	<i>Partially Observable Markov Decision Processes</i>
RFC	<i>Request for Comments</i>
SGBD	Sistema Gerenciador de Bancos de Dados
STI	Sistemas Tutores Inteligentes
TI	Tecnologia da Informação
UML	<i>Unified Modeling Language</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO	15
1.2 JUSTIFICATIVA	16
1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	17
2. MODELOS DE MARKOV	19
2.1 INTRODUÇÃO	19
2.2 DEFINIÇÕES	22
2.3 POLÍTICA APLICADA AO MODELO	26
2.4 MODELOS OCULTOS DE MARKOV	27
2.5 CÁLCULO DE DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE NA CADEIA DE MARKOV	29
2.6 DEFINIÇÃO DO ALGORITMO DE MARKOV	31
3. MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.1 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA	32
3.2 CONCEPÇÃO DO PROJETO	32
3.3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	33
3.4 ENGENHARIA DE SOFTWARE	35
3.5 BANCO DE DADOS	40
3.6 PROJETO FÍSICO	44
3.6.1 PROTOTIPAGEM EVOLUCIONÁRIA	44
4. RESULTADOS OBTIDOS	59
4.1 INTRODUÇÃO	59
4.2 ESTUDO DE CASO 1	61
4.2.1 Identificação dos grupos A, B e C	65
4.2.2 Transformações das notas em estados	66
4.3 ESTUDO DE CASO 2	72
4.4 ESTUDO DE CASO 3	80
4.5 ESTUDO DE CASO 4	84
4.6 ESTUDO DE CASO 5	88
4.7 CONCLUSÃO DOS ESTUDOS DE CASO	92
5. CONCLUSÃO	94
REFERÊNCIAS	96
ANEXO I	100
ANEXO II	102
ANEXO III	104

1. INTRODUÇÃO

Com o uso dos recursos oferecidos pelas novas tecnologias no ambiente de ensino, fica evidente a possibilidade do acúmulo de grande quantidade de dados referentes ao contexto educacional. Por exemplo, só no Brasil, em 2011, foram registrados mais de 3,5 milhões de alunos na modalidade EAD (ABED, 2011). Dessa forma, analisar e extrair informação desses dados educacionais assume um papel muito importante para auxiliar professores a conhecerem melhor o desempenho desses alunos e criarem práticas pedagógicas mais efetivas (FREITAS, 2005; COSTA et al. 2012). Para os desenvolvedores de tecnologias educacionais, esse conhecimento orienta o desenvolvimento de ambientes mais inteligentes e personalizados, com o objetivo de avaliar o avanço da aprendizagem dos alunos (MORAN, 2007).

Nas escolas presenciais dos cursos de Engenharia, nota-se também que o número de alunos foi crescente, vindo a triplicar, entre 2001 e 2011, tendo-se registrado 1,2 milhão de alunos matriculados nos diversos cursos das Engenharias. Embora aqui no Brasil se tenha esse total, identificou-se que metade dos alunos não conseguiu ocupar as vagas de engenheiro. De acordo com o estudo divulgado pela Confederação Nacional da Indústria (CNI), a média de evasão nesses cursos, no período analisado, foi de 55,59%, significando uma taxa de evasão de 42,59%. Segundo a CNI, as instituições particulares foram as que mais tiveram dificuldades em reter os alunos nos cursos de Engenharia, na década analisada. Nas instituições privadas, a média de evasão chegou a 62,32%, enquanto que, nas públicas, foi de 43,41%. Ressalte-se que, apenas nas instituições de renome, tais como, o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) e o Instituto Militar de Engenharia (IME), o estudo em referência indica a taxa de abandono de somente 5%.

Um grande desafio no processo de avaliação da aprendizagem na modalidade de ensino em ambiente virtual consiste em verificar a aquisição do conhecimento e ainda permitir que esse conhecimento adquirido seja transmitido e, por consequência, não fique estagnado. É necessário que, durante o processo de ensino aprendizagem, os alunos compartilhem experiências, conhecimentos e ideias, e, além disso, sintam-se motivados a buscarem novas informações. As ferramentas interativas vêm ao encontro desse propósito de aproximação entre alunos e professores, mesmo quando distantes fisicamente (MORAN, 2007).

Um aspecto interessante na avaliação dos cursos de Engenharia é analisar, entre outros, o tempo necessário aos estudantes para a conclusão dos diversos cursos, a fim de encontrar padrões nas variações dos números de alunos que concluíram os cursos, de ativos e de evadidos nas diversas habilitações, e, dessa forma, poder contribuir com estudos complementares de modo a diagnosticar eventuais problemas.

No estudo dos cursos de Engenharia, notam-se vários trabalhos que apresentam propostas passíveis de contribuir tanto para melhora da evasão quanto para o rendimento acadêmico. Como exemplo: com a identificação e a análise do desempenho dos alunos, comparando-se quantitativamente os turnos em que eles frequentam os cursos, matutino e noturno, procura-se verificar a diferença de desempenho entre os turnos, com o possível desempenho inferior do noturno, em função da jornada de trabalho diária desses alunos (SANTANA et al, 2011).

Quais fatores levam um aluno do curso de Engenharia a ter alto índice de reprovação, como apresentado pela CNI? Identificar tais fatores e as disciplinas em que os alunos mais apresentam deficiência passa a ser um caminho, aliado à análise dos aspectos psicológicos desses alunos (SOUSA et al, 2011).

Com o aumento de aluno em cursos noturnos e com a criação de grades curriculares mais compactas, as quais acabam gerando um maior esforço por parte do aluno, a utilização de ferramentas e recursos tecnológicos, pode servir como meio de estimular tais alunos a melhorarem seu desempenho acadêmico e, com isso, pode vir a melhorar o número de evasões (BRESSAN; MÓDOLO, 2011).

A utilização desses recursos tecnológicos tem como objetivo melhorar a qualidade da aprendizagem com ações corretivas a serem realizadas por professores e coordenadores. Dessa forma, passa-se a analisar a qualidade de ensino, não se limitando a considerar apenas os índices de aprovação ou de reprovação dos alunos (GOES; CAMARÃO; BATALHA, 2009).

Identificar padrões de variações nos alunos, por tempo de conclusão e por evasão, e, com isso, analisar e compreender o número de alunos que concluíram o curso, bem como a quantidade daqueles alunos que o estão realizando e dos que se evadiram nas diversas habilitações, permite gerar informações de indicadores com o objetivo de melhorar o modelo de

ensino a ser adotado nos diversos níveis de conhecimento (JESUS; HUAYLLAS; FRAGA, 2011).

O desenvolvimento do processo de aprendizagem, na construção de um processo educativo com avaliação formativa, preocupa-se com a recuperação dos objetivos não alcançados pelo aluno e, para isso, busca acompanhar o desenvolvimento desse aluno sem classificá-lo com notas. É fundamental buscar a participação ativa do aluno a fim de se obter novos indicadores capazes de orientar os rumos do processo de aprender (SOARES; LIMA; SAUER, 2007).

Como vem sendo apresentado, nas Engenharias há um alto índice de reprovação, e, por isso, identificar disciplinas que estejam oferecendo dificuldades no processo de aprendizado, tem sido uma tarefa das Universidades. Para tal, devem-se oferecer cursos de apoio, com o objetivo de revisar conteúdos referentes a assuntos do ensino fundamental e médio, na tentativa de melhorar os rendimentos dos alunos (LIMA et al; 2008).

Perrenoud (1999, p. 9) aborda a avaliação da aprendizagem como forma de “privilegiar um modo de estar em aula e no mundo, valorizar formas e normas de excelência, definir um modelo, aplicado e dócil para uns, imaginativo e autônomo para outros”.

Seguindo essa interpretação, pode-se acrescentar este outro aspecto: “a avaliação, como crítica de percurso, é uma ferramenta necessária ao ser humano no processo de construção dos resultados que planejou produzir, assim como o é no redimensionamento da direção da ação” (LUCKESI, 1992, p.125).

Segundo Luckesi, a primeira postura a ser adotada seria a de verificar e a segunda a de avaliar. A verificação e a avaliação são termos que se distinguem. O processo de verificação é identificado pela “observação, obtenção, análise e síntese dos dados ou informações que delimitam o objeto ou ato com o qual se está trabalhando” (LUCKESI, 1996, p. 92).

Avaliar, no entanto, envolve um ato que ultrapassa a configuração do objeto. O ato de avaliar implica coleta, análise e síntese dos dados que configuram o “objeto da avaliação, acrescido de um determinado padrão de qualidade previamente estabelecido para aquele tipo de objeto” (LUCKESI, 1996, p. 93).

Para o autor em referência, a avaliação “manifesta-se num ato dinâmico que subsidia o reencaminhamento da ação” (LUCKESI, 1996, p. 94), ou seja, os resultados servem para diagnosticar a aprendizagem dos alunos, possibilitando consequências novas para a construção dos resultados esperados. A avaliação exige uma decisão do que fazer com o objeto configurado, a fim de direcioná-lo numa trilha dinâmica de ação.

Entender o que aconteceu com o aluno durante o processo de ensino aprendizagem, por meio do estudo do comportamento das notas, pode contribuir no entendimento e na melhora das ações que venham ajudar os próximos alunos. Identificar os dados referentes ao contexto educacional do comportamento das notas dos alunos, das ferramentas e recursos, permitirá aprender os caminhos que esses alunos realizaram durante o processo de ensino aprendizagem.

A utilização de processos Markovianos baseando-se em modelos Markovianos vem sendo realizada em vários ambientes, tais como: manutenção de máquinas, navegação de robôs, controle de elevadores, visão computacional, modelagem de comportamento em ecossistemas, aplicações militares, admissões de pacientes em hospitais, mapeamento genético, diagnóstico médico e educação. O uso dos processos Markovianos tem como objetivo entender o comportamento e promover a construção de sistemas que venham a automatizar os comandos realizados para o ambiente em uso.

A proposta deste trabalho é projetar e implementar um sistema que identifique o comportamento das notas dos alunos autonomamente, das disciplinas oferecidas nos cursos Engenharias, incorporando-se de técnicas utilizadas em processos Markovianos. É com esse entendimento que se pretende prosseguir na pesquisa.

1.1 OBJETIVO

O principal objetivo deste trabalho é desenvolver um sistema que permita realizar uma análise do comportamento acadêmico dos alunos, extraindo observações parciais das notas dos

alunos nas disciplinas cursadas para modelar autonomamente o comportamento futuro desses alunos tendo como base os cursos de graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), nas disciplinas cursadas ao longo dos anos de 2000 a 2015. O sistema utiliza-se de critérios de usabilidade, baseando-se em modelos Markovianos. A partir das notas dos alunos é possível representar um modelo Markoviano de comportamento das notas dos alunos.

1.2 JUSTIFICATIVA

O crescimento da utilização dos recursos tecnológicos na educação, por meio da Tecnologia da Informação (TI), desde um simples software até sistemas mais elaborados, tem viabilizado o armazenamento digital de grande quantidade de dados relacionados ao processo de ensino-aprendizagem.

Desse modo, para identificar o comportamento das notas dos alunos de forma simples, é necessário encontrar informações sobre esse comportamento e o seu desempenho, a fim de contribuir na melhoria da metodologia do ensino e na análise das possíveis dificuldades e/ou facilidades em seus aprendizados. São analisados os dados dos alunos por meio de um agente de avaliação, a ser utilizado nesse sistema, que permita identificar o comportamento das notas obtidas em cada disciplina. O agente de avaliação deve estar habilitado ao reconhecimento de padrões de comportamento das notas dos alunos que venham a auxiliar no processo de ensino e aprendizagem. Esse agente de avaliação, desenvolvido com o algoritmo de Sondik implementado no software “pomdp-solve” (CASSSANDRA, 2016) para um *Partially Observable Markov Decision Processes* (POMDP), obtém, por observação, o comportamento das notas registradas ao longo do tempo, auxiliando na compreensão e na interpretação das informações pertinentes ao aprendizado.

Nessa proposta pretende-se avaliar um agente de avaliação para ambientes virtuais para o uso em Sistemas Tutores Inteligentes (STI). O STI é um ambiente de aprendizagem informatizado que incorpora modelos computacionais das ciências cognitivas, da linguística computacional, da inteligência artificial, da matemática e de outras áreas de conhecimento. Os

avanços do STI foram bastante significativos na área educacional (HADLEY, 1997; ANDERSON, 2001).

O ambiente de STI proporciona um ensino adaptado a cada aluno, o que se assemelha ao comportamento de um professor em sala de aula, e permite a modelagem de um agente de avaliação do comportamento das notas por meio da utilização do algoritmo implementado especificamente para tal fim (SONDIK, 1971; CASSANDRA, 1998). Após a identificação do comportamento das notas dos alunos, passa-se a calcular o esforço realizado por eles em determinadas disciplinas dos cursos. Serão gerados relatórios que visam apresentar resultados de fácil interpretação para auxiliar na caracterização do desempenho das notas dos alunos. Com esses relatórios, pretende-se identificar as informações de maior relevância para maximizar a eficácia dos resultados obtidos durante o processo de análise dos dados gerados.

Com a combinação de tais procedimentos, visa-se oferecer aos professores informações relevantes sobre os diferentes tipos de comportamento das notas apresentadas pelos alunos.

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

Esta dissertação está organizada em cinco capítulos:

- Capítulo 1: apresenta uma introdução ao problema associado ao processo ensino/aprendizagem em cursos de Engenharia, bem como o objetivo para o desenvolvimento de um agente que permita avaliar o comportamento e o desempenho acadêmico dos alunos em cursos de Engenharia da EPUSP;
- Capítulo 2: apresenta a técnica para obtenção dos modelos de Markov, com os métodos conhecidos para sua realização;
- Capítulo 3: apresenta materiais e métodos utilizados neste projeto, focando a concepção, a modelagem e a prototipação para o desenvolvimento do sistema de avaliação do comportamento das notas dos alunos;
- Capítulo 4: apresenta os resultados obtidos nos cinco estudos de caso realizados;

- Capítulo 5: apresenta conclusão, contribuições da pesquisa e sugestões para trabalhos futuros que poderão ser realizados para ampliar esta pesquisa.

2. MODELOS DE MARKOV

2.1 Introdução

O aluno de graduação do curso de Engenharia, ao cursar uma disciplina, obtém o seu valor de nota final com variação de 0 a 10,0. Para a sua aprovação em uma disciplina, esse aluno deve ter a nota final igual ou superior a 5,0 e frequência mínima de 70%. Caso não seja aprovado na disciplina, mas tenha nota final entre 4,99 e 3,0, o aluno realiza uma segunda prova (prova de recuperação). Caso nessa segunda avaliação não venha a obter a nova nota final superior a 4,99, o aluno é reprovado na disciplina, tendo que cursá-la novamente.

O aluno, ao cursar uma determinada disciplina, busca obter a nota final de aprovação na primeira avaliação, mas caso isso não seja atingindo, deverá realizar um esforço pessoal adicional para que ocorra a sua aprovação.

Pode-se representar em uma reta esses valores de intervalos entre 0 a 10, como apresentado na Figura 1. Dentro desse intervalo, acredita-se que o aluno tenha como foco obter uma nota com valor superior a 5,0, já que isso implica evitar uma nova avaliação, na qual, se o resultado obtido for inferior a 3,0, ter-se-á a reprovação. Como mostra a Figura 1, a nota inferior a 3,0 é a que apresenta a retenção e, portanto, um esforço adicional a mais por parte do aluno, o que implica refazer a disciplina.

Figura 1: Reta da nota com intervalo de 0 a 10 e os pontos críticos.

Fonte: Autor

Se as notas são classificadas em três grupos de trabalho, como apresentado na Figura 2, pode-se ter três conjuntos de notas, em que as notas que pertencem ao grupo A são aqueles alunos que sempre obtiveram notas acima de 5,0. Para o aluno pertencer a esse grupo, ele não pode ter nenhuma nota inferior a 5,0; caso isso venha a acontecer, esse aluno não poderá ser considerado pertencente ao conjunto de notas do grupo A. Para o conjunto de notas dos alunos

pertencentes ao grupo B, são considerados todos os que tiveram, no mínimo, uma nota dentro do intervalo inferior a 5,0 e igual ou superior a 3,0. Caso o aluno nesse grupo venha a obter uma nota dentro desse intervalo, haverá um esforço a ser realizado por ele para alcançar a segunda nota final de aprovação.

Figura 2: Reta das notas dividida em três conjuntos de grupos A, B e C.

Fonte: Autor

Os alunos contidos no grupo B podem ser aprovados ou reprovados em uma determinada disciplina se a nova nota final for inferior a 5,0.

O conjunto do grupo B contém o conjunto do grupo A. Desse modo, pode-se afirmar que os alunos que pertencem ao grupo B poderão também ter a nota final acima de 5,0. O aluno poderá pertencer ao conjunto do grupo B somente se obtiver, pelo menos, uma nota final dentro do intervalo inferior a 5,0 e igual ou superior a 3,0.

Os alunos do grupo B, embora obtenham notas inferiores a 5,0, têm a possibilidade de aprovação, por terem a oportunidade de realizar uma nova avaliação, e assim obter uma nova nota final. Assim, pode-se classificar esse grupo como de médio risco, visto que o aluno obrigatoriamente realizará um esforço a mais para alcançar a aprovação na disciplina.

Para o conjunto do grupo C, como apresenta a Figura 2, pode-se verificar a possibilidade da existência de alguma nota com valor inferior a 3,0. Quando isso ocorrer, não se permite que o aluno venha realizar uma nova avaliação, sendo reprovado na disciplina que cursou, e, por

consequência, terá que refazer a disciplina. O aluno que venha a obter pelo menos uma nota final inferior a 3,0 será classificado nesse grupo, embora, ao longo do curso, venha a obter notas superiores a 3,0. Entende-se, assim, que os alunos que estão classificados no conjunto do grupo C contêm as notas pertencentes aos conjuntos dos grupos A e B.

Figura 3: Representação dos conjuntos do grupo A, B e C.

Fonte: Autor

Como apresenta a Figura 3, pode-se definir que os alunos pertencentes ao conjunto do grupo A são aqueles que tiveram somente notas superiores a 5,0, não tendo que refazer nenhuma disciplina. Quanto ao conjunto do grupo B, pode-se identificar que, embora tenham notas superiores a 5,0, e pelo menos uma vez obtiveram uma nota inferior a 5,0, estas os classificam para esse grupo. Para o conjunto do grupo C, o aluno obteve pelos menos uma nota inferior a 3,0, tendo que refazer a disciplina cursada.

Cada conjunto aqui identificado apresenta uma característica que o faz ser classificado para um grupo. Dessa forma, o estudo realizado criou a divisão desses três grupos A, B e C, em que os alunos pertencentes ao grupo A são aqueles com baixo ou nenhum risco de retenção na disciplina que cursou; no grupo B, estão os alunos que têm um médio risco de reprovação, porque sempre terão a oportunidade de realizar uma nova avaliação e, assim, obter uma nova nota superior a 5,0; já, os alunos pertencentes ao grupo C são aqueles de maior risco, uma vez

que não terão a possibilidade de realizar uma nova avaliação, e sempre que obtiverem nota inferior a 3,0, obrigatoriamente devem cursar a disciplina novamente.

Nesse contexto, este trabalho apresenta uma proposta de estudo estrategicamente, orientado a considerar em primeira instância as notas dos alunos que realizaram a nova avaliação, na tentativa de obter uma segunda nota final de aprovação, ou reprovação. Para isso, foi criado um modelo de comportamento das notas dos alunos, o qual será apresentado no item a seguir.

2.2 Definições

As cadeias de Markov são representadas por estruturas compostas por estados que apresentam probabilidades de transições entre os estados existentes a cada instante de tempo. Essa probabilidade pode ocorrer à movimentação no tempo por meio de transições entre seus estados, os quais são responsáveis pelos observáveis. Pode-se ter que $E(t) = i$, onde i é o estado em que se encontra a nota atual do aluno no tempo. Para se obter a probabilidade de a nota final de um aluno, em um determinado estado, pode-se ter $P(E(t) = i)$, que pode ser representado pela probabilidade de a nota de um aluno encontrar-se em determinado estado i em um instante t .

Então, tem-se que: $P(E(t + \Delta t) = j \mid E(t) = i, E(t - \Delta t) = h) = (P(E(t + \Delta t) = j \mid E(t) = i))$; pode-se dizer que o estado em que se encontra é irrelevante para o modelo de Markov. Então se assume que está no próximo estado j , $E(t + \Delta t) = j$, sabendo-se que se estava no instante anterior. Para o processo de cálculo, não importa o instante anterior, mas sim em qual estado atual se encontra, assumindo-se que existe o estado anterior h , $E(t - \Delta t) = h$, o estado próximo é j , e o estado atual é i .

Para que uma transição possa ocorrer, o tempo pode ser medido de forma exponencial. Para isso, tem-se: δ_{ij} , o que se pode afirmar é que o tempo, para a movimentação de i para j é finito.

Para o estudo proposto, passa-se a adotar os estados observáveis como função das transições entre os estados de Markov oculto, representada na Figura 4, na qual se tem a cadeia de Markov de cinco estados, e em destaque os estados E1 e E2, que serão utilizados como base da análise.

Figura 4: Estrutura de uma cadeia de Markov com os cinco estados.

Fonte: Autor

Para a cadeia de Markov em função dos próprios estados de Markov, tem-se a cadeia de Markov dos observáveis, como representa a Figura 5.

Figura 5: MOM de cinco estados observáveis

Fonte: Autor

Na cadeia de Markov são mostrados cinco estados na Figura 4, algumas transições de probabilidade não são apresentadas, o que resulta

$p_{12} = p_{13} = p_{14} = p_{15} = p_{41} = p_{42} = p_{43} = p_{45} = p_{51} = p_{52} = p_{53} = p_{54} = 0$. Na Figura 5 apresenta Modelos

Ocultos de Markov (MOM) correspondente de cinco estados observáveis $\gamma \in \{0,1\}$. Trata-se de processos Markovianos, os quais são trabalhados com uma cadeia de Markov que está escondida do observador; todas as equações também valem para MOM.

Para o estudo de MOM será realizado o cálculo da probabilidade de uma sequência de estados observáveis $P = (o_1, o_2, o_3, \dots, o_n)$, evidenciando a evolução temporal dessa sequência.

Para o conceito estocástico, tem-se que seus estados, onde E é dita como variável estocástica, se seu valor dentre o conjunto $\{e_i\}$, de possíveis realizações, é determinado pelo resultado de um experimento realizado que, para o nosso caso é identificado pelas notas finais obtidas (SOARES; SIQUEIRA, 2006). Essas notas serão representadas por um conjunto discreto $\{E0, E1, E2, E3, E4\}$, que possam ser expressos no ambiente educacional em estados.

Os valores encontrados nas notas finais possuem muitas variações, e são representados por uma escala de valores de intervalos, que são classificadas de maneira informal, então, serão representados em conjunto dos estados dentro do intervalo das notas entre 0 a 10, onde $E0$ representa os intervalos de notas finais de 0 a 2,0; $E1$ representa os intervalos de notas finais de 2,1 a 4,0; $E2$ representa os intervalos de notas finais 4,1 a 6,0; $E3$ representa os intervalos de notas finais de 6,1 a 8,0; e $E4$ representa os intervalos de notas finais 8,1 a 10,0. Essa forma de classificação foi feita para permitir identificar a variação dos intervalos para a caracterização dos estados no ambiente educacional, como apresenta a Figura 6.

Figura 6: Representação dos estados dentro dos conjuntos do grupo A, B e C.

Fonte: Autor

A cadeia de Markov utilizada é irredutível, uma vez que possui estado finito; tal que um estado pode ser alcançado a partir de qualquer outro. Modelada no tempo em decorrência desses cinco estados possíveis, sem combinação entre estados, e que as probabilidades de transições entre esses estados são dadas pela matriz quadrada de ordem n , e n é igual a 5:

$$P = \{a_{ij}\} = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} & p_{15} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} & p_{25} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} & p_{35} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} & p_{44} & p_{45} \\ p_{51} & p_{52} & p_{53} & p_{54} & p_{55} \end{bmatrix}.$$

Pode-se então ter a notação, usada para indicar a probabilidade inicial de cada estado.

2.3 Política aplicada ao Modelo

Uma política R , para qual será definida uma regra para uma decisão $d_i(R)$, quando o sistema se encontrar no estado i . Identifica-se qual o estado da nota final que o aluno se encontra, podendo ser: aprovação, recuperação ou reprovação para o ambiente educacional, após cursar a disciplina. A situação a qual a nota do aluno se encontra poderá ser classificada nos cinco estados, com as seguintes condições possíveis, como apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Lista de estados com as situações.

Estado	Situação
E0	Reprovado
E1	Reprovado ou recuperação
E2	Recuperação ou aprovado
E3	Aprovado
E4	Aprovado

Fonte: Autor

Assume-se que os alunos em situação de recuperação, voltam a fazer uma nova avaliação, e os reprovados, voltam a cursar a disciplina; as probabilidades de transição serão dadas pela matriz estocástica gerada.

Aplica-se o C_{ik} = custo (esforço) conhecido, quando ocorrer a transição e o sistema estiver no estado i , tomando-se uma decisão k . Para as cinco políticas definidas, quando se obtém a nota final, pode-se ter o custo a partir das informações apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2: Lista de decisões com o custo/esforço ao atingir o estado.

Decisão	Custo/Esforço	
	Estado	Custo/esforço nota final
1. Recuperação	E1, E2	3, 4 e 4.9
2. Aprovado	E2, E3, E4	5, 6, 7, 8, 9 e 10
3. Reprovado	E0, E1	1, 2 e 2.9
4. Aprovado na recuperação	E2, E3, E4	5, 6, 7, 8, 9
5. Reprovado na recuperação	E0, E1, E2	1, 2, 3, 4 e 4.9

Fonte: Autor

Para o modelo, observe-se que o sistema no instante $t = 0, 1, \dots$, o qual se classificará em número finito de estados denominados $0, 1, \dots, N$, a sucessão de estados observados. Depois de cada observação, toma-se uma decisão k (finito) de decisões (ações) possíveis, denominadas $1, 2, \dots, k$ (o número de decisões possíveis pode depender do estado do sistema, que são as cinco já apresentadas na Tabela 2).

2.4 Modelos Ocultos de Markov

Os Modelos Ocultos de Markov (MOM) são usados na modelagem de processos Markovianos que geram estados observáveis de forma indireta, mas em razão das transições entre os estados da cadeia de Markov que governa o processo, elas não podem ser diretamente observadas. A observação é indireta, feita por inferência, porque os estados observáveis são funções probabilísticas dos estados de Markov, ou das transições entre esses estados.

No contexto deste trabalho, MOM são definidos como modelos Markovianos em que a observação da evolução do sistema se dá de forma indireta, como função probabilística da transição entre os estados definidos num espaço de estados discreto e finito. Por mais que se conheça todos os parâmetros do modelo, continua oculta a evolução da cadeia de Markov que governa esse processo. Ou melhor, não se sabe qual caminho ou sequência de passos exatos levou a uma determinada observação, o que se podem definir seus parâmetros a seguir:

- Um conjunto de estados da cadeia Markov $E = \{E_0, E_1, E_2, E_3, E_4\}$;
- Sequência de observáveis $O = \{o_1, o_2, o_3, \dots, o_n\}$;
- Sequência de estados $Q = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_n\}$;
- Uma distribuição de probabilidade inicial para cada estado $\hat{\Pi} = \{\pi_i\}$, tal que

$$\pi = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_n\};$$

- Uma distribuição de probabilidade de transição entre estados $P = \{a_{ij}\}$, tal que

$$a_{ij} = P(q_t = E_j \mid q_{t-1} = E_i);$$

- Uma distribuição de probabilidade de observação, $O = \{o_{ij}(k)\}$, tal que

$$o_{ij}(k) = P(O_t = y_k \mid q_{t-1} = E_i, q_t = E_j)$$
 associada a transições do estado E_i para o estado E_j .

As probabilidades de transição definidas pela matriz $P = \{a_{ij}\}$ possuem as seguintes

propriedades: $a_{ij} > 0$

$$\sum_{j=1}^N a_{ij} = \sum_{j=1}^N P(X_t = e_j \mid X_{t-1} = e_i) = 1$$

2.5 Cálculo de distribuição de probabilidade na Cadeia de Markov

Para a análise do ambiente educacional considerado nesta pesquisa, foi definida a movimentação das notas entre seus diversos estados, conforme apresenta as Figuras 4 e 5, para modelar o comportamento das notas finais dos alunos. Dessa forma, pode-se identificar o movimento que será feito pela cadeia de Markov, em que realizará o aprendizado de forma adaptativa. E, por meio desse modelo identificado, será possível obter de forma rápida e dinâmica, o comportamento.

Assume-se que E como variável estocástica dentro do conjunto $\{X_i\}$, no qual são possíveis as realizações, em que são utilizados os valores das notas finais para determinar a identificação do estado neste experimento.

A cadeia de Markov possui número finito de estados, definida por um conjunto de estados, tem-se, então, a probabilidade de ocorrer a mudança de um estado para outro, num período de tempo, em que depende apenas dos estados envolvidos.

Como o número de estados é finito, tem-se que a probabilidade de se passar do estado i para o estado j num certo período de tempo é dada por p_{ij} . A cadeia de Markov de n estados, atribui n um número inteiro fixo igual a 5; assim, para este trabalho, tem-se a matriz $n \times n$ quadrada de ordem n , representada por $P = [p_{ij}]$, que é a matriz de transição, ou estocástica, associada ao processo.

Com isso, pode-se definir que os processos estocásticos de tempo discreto sobre um espaço dos estados, também discretos e finitos, sejam uma sequência de variáveis estocásticas $X_0, X_1, \dots, X_t, \dots, X_T$, onde $0 \leq t \leq T$, que representam uma ordenação discreta no tempo, definidas para um mesmo espaço de estados discreto e finito.

Aplicando-se a fórmula de Bayes, na qual se tem a probabilidade, que é dada pelo conjunto das variáveis estocásticas $\{X_i\}$, tem-se:

$$P(X_0 X_1 \dots X_t) = \prod_{t=0}^T P(X_t | X_0 X_1 \dots X_t)$$

$$= P(X_0)P(X_1 | X_0)P(X_2 | X_0 X_1) \dots P(X_T | X_0 X_1 X_2 \dots X_{T-1})$$

Para a proposta deste trabalho, será realizado o estudo do comportamento da nota final que obtida dentro do intervalo igual ou superior a 3,0, e inferior a 5,0, o aluno passa a realizar uma segunda avaliação. Para que esse processo evolua, existe a necessidade de que a nota final esteja dentro desse intervalo de nota final. Dada a nota final, a probabilidade de o processo evoluir para um estado qualquer do espaço de amostras, no instante seguinte, é dependente, única e exclusivamente, do estado corrente, no qual o sistema se encontra, e possa satisfazer a seguinte propriedade:

$$P(X_t | X_0 X_1 X_2 \dots X_{t-1}) = P(X_t | X_{t-1}) \quad (1.0)$$

Com a equação (1.0) sendo de primeira ordem, em um processo Markoviano de grau 1, a probabilidade do próximo passo, de X_{t-1} para X_t , depende somente do estado de origem desse passo, X_{t-1} . Dessa forma, tratando-se de processos Markovianos de grau 1, a equação (1.0) passa a ter a seguinte forma:

$$P(X_0 X_1 \dots X_t) = \prod_{t=0}^T P(X_t | X_{t-1})$$

$$= P(X_0)P(X_1 | X_0)P(X_2 | X_1)P(X_3 | X_2) \dots P(X_T | X_{T-1}) \quad (1.1)$$

Os processos estocásticos discretos, tanto no espaço de estados quanto no tempo, não implicam real restrição. Trata-se apenas de uma forma simplificada dos cálculos para se chegar rapidamente à definição de Cadeias de Markov. Assim, se desejado for, essas equações (1.0) e (1.1) podem ser modificadas para representar a probabilidade conjunta e a probabilidade

condicional de transição, para o caso de processos em espaço e tempo contínuos, assim como para processos em espaço de estados discreto e tempo contínuo.

2.6 Definição do Algoritmo de Markov

Para a construção do algoritmo que execute o Processo Markoviano de Decisão com Informação Parcial, foram utilizadas referências do algoritmo de Sondik com as correções de Cassandra, em que se utiliza a manipulação da Cadeia de Markov. O algoritmo de Sondik é o mais simples e menos eficiente (CASSANDRA, 1999) que se conheça, uma vez que é um algoritmo de enumeração, que enumera todas as observações e ações possíveis em cada passo de programação dinâmica.

Para construir o conjunto de estados S_i , o algoritmo de Sondik considera que todos os planos condicionais, que serão utilizados, depois de cada ação, podem ser executados na época da decisão. De cada decisão possível há o mapeamento de observações em vetores de X_{i-1} , sobre o qual serão possíveis planos a ser seguido. Assim, um novo vetor em S_i será gerado para cada possível permutação de vetores Ω de X_{i-1} , e as permutações têm tamanho em $|\Omega|$. Isso porque, será considerada possível cada ação a ser tomada na atual época de decisão e, para cada uma delas, devem-se considerar também todos os planos que mapeiam observações resultantes em vetores α da próxima época de decisão. O algoritmo possui um conjunto de estados, mas nunca é possível saber sua exata localização.

O algoritmo de Sondik implementado no *software* “pomdp-solve” (CASSANDRA, 2016) é utilizado nesse processo por ser a base de outros algoritmos exatos POMDP; não é muito eficiente, mas para o objetivo a ser atingindo neste sistema, ele será utilizado, pois, possui uma escrita simples.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Desenvolvimento do Sistema

Para o desenvolvimento do agente de avaliação, designado como sistema, foi trabalhado as seguintes etapas: modelagem dos processos com base nos modelos de Markov obtidos, prototipação do sistema, modelagem do banco de dados e programação. Ao final do desenvolvimento deste projeto espera-se obter um sistema computacional capaz de gerar resultados do comportamento das notas dos alunos.

Os modelos de Markov a serem utilizados pelo sistema estão definidos no capítulo 2, os quais darão início ao mapeamento dos processos, a fim de entender os modelos que serão utilizados pelo sistema proposto.

Para o desenvolvimento deste sistema foi definido seus parâmetros de entrada de execução, que são: a matriz de probabilidade, o MOM e a definição do cálculo de custo (esforço), conforme apresentado no capítulo 2.

O sistema proposto foi desenvolvido utilizando o Sondik implementado no *software* “pomdp-solve” (CASSANDRA, 2016), adaptado para essa proposta, designado como algoritmo de Markov. Esse algoritmo foi transformado em módulo para ser utilizado. Este módulo tem como parâmetro as definições estabelecidas no capítulo 2.

O desenvolvimento realizado tem como principais metas: atender aos módulos a serem utilizados, que são de algoritmo de Markov, persistência dos dados, as interação entre os módulos e a geração dos relatórios.

3.2 Concepção do projeto

Nessa fase, conhecida como “análise de requisitos”, foram analisados os modelos de Markov, apresentados no capítulo 2, a serem utilizados como parâmetro de entrada pelo sistema. A partir do modelo identificado, foi realizado o estudo dos requisitos necessários para gerar a documentação, expondo as regras de negócio definidas e limitando um escopo do projeto para o

seu desenvolvimento. Nas seções seguintes, serão apresentadas as etapas adotadas nesse projeto, bem como o levantamento das regras de negócio e todo o escopo definido para o desenvolvimento do projeto.

3.3 Desenvolvimento do Projeto

Inicialmente foi relevante seguir os procedimentos propostos na Engenharia de Software, contemplando a tríade: metodologia, ferramentas e procedimentos (PRESSMAN, 2006). A realização da montagem da aplicação foi baseada na divisão do projeto em três partes: interface com o usuário, regra de negócio e banco de dados.

Na implementação da interface com o usuário foi utilizado o padrão de arquitetura *Model-View-Presenter* (MVP). A escolha por esse padrão se deve à sua fácil adaptabilidade ao ambiente *desktop* e a interação com o usuário, que se encontra no *Presenter*. Se for necessário alterar a interface de *desktop* para *web*, bastará apenas implementar o *Presenter*.

Criado por uma das subsidiárias da IBM, o modelo de programação chamado MVP, fornece, de forma fácil de entender, a metodologia de criação de projetos e o desenvolvimento de componentes. O MVP foi catalogado com dois tipos: *passive view* e o *supervising presenter*; implementado por Martin Fowler (2006). Para esse desenvolvimento foi utilizado o *passive view*, pois permite um modelo de programação conceitual unificado em orientação a objetos, conforme apresenta a Figura 7.

Figura 7: Padrão de arquitetura *Model-View-Presenter* (MVP).

Fonte: autor

O projeto utiliza-se desse padrão MVP para a inclusão dos módulos: algoritmo de Markov, persistência de dados, geração de parâmetros a serem utilizados no processamento das informações e geração dos resultados em relatórios provenientes do sistema.

Tem-se uma descrição das definições em cada camada, tais como:

- *Visão*: as telas de interação com o usuário não contêm regra do negócio, a não ser disparar eventos que notificam mudança de estado dos dados que exibem o processamento. Os objetos de visão implementam uma interface que expõe campos e eventos de que o apresentador necessita.
- *Apresentador*: meio utilizado para conectar a Visão ao Modelo, sendo o mediador dos acessos a conexão com os dados de interação das telas.
- *Modelo*: os objetos de persistência e algoritmo de Markov implementam as interfaces que expõem os campos que o apresentador irá atualizar, quando tais dados sofrerem alterações nas visões.

O padrão de arquitetura MVP pode ser usado para criar aplicações de sistemas standalone, em virtude de, cada vez mais, os *softwares* que envolvem criações de componentes, ou unidades de programa menores, podem ser combinados para trabalhar juntos na criação, a fim de criarem sistemas completos. O padrão MVP fornece uma estrutura que permite de forma simples a iteração de componentes, de modo que os modelos, visualizações e eventos possam ser mapeados para a execução dos componentes subjacentes.

O desenvolvimento desse projeto se deu na sua construção de forma simples, atendendo as interações entre os módulos algoritmo de Markov e persistência de dados.

3.4 Engenharia de Software

Neste item, é apresentada a parte da documentação na qual está contido o Diagrama de Caso de Uso, com suas respectivas especificações.

O Diagrama de Caso de Uso é um recurso da UML 2.0 que facilita o entendimento das funcionalidades de forma simples para uma pessoa leiga aos assuntos relacionados à Engenharia de Software, entendendo as regras de negócio aplicadas a um sistema (PRESSMAN, 2006).

Esse diagrama mostra os limites do sistema, contendo, em seu interior, um conjunto de casos de uso, e, do lado externo, o ator. Os casos de uso auxiliam as pessoas envolvidas no projeto a entender mais detalhadamente tanto as regras de negócio como os papéis que cada um tem no contexto sistêmico (FOWLER; SCOTT, 2000).

Figura 8: Visão geral do caso de uso proposto pelo sistema.

Fonte: Autor

O diagrama de caso de uso apresentado na Figura 8 identifica um único usuário de interação com o sistema, que executará o processo de forma sequencial. O sistema proposto tem o objetivo de analisar o comportamento das notas finais obtidas pelos alunos.

Para o contexto da visão geral, apresentada na Figura 8, podem-se identificar os casos de uso necessário para que o sistema cumpra com as suas funcionalidades propostas.

Após o sistema aberto, o usuário deve iniciar a importação dos arquivos que contenham as informações a serem trabalhadas, por meio da utilização da opção de importação oferecida no menu de cadastro, conforme Tabela 3.

Tabela 3: Especificação – importar de arquivo CSV

Nome do Caso de Uso	Importar de Arquivo CSV
Caso de Uso Geral	CSU001
Ator Principal	Usuário
Atores Secundários	Não Possui
Resumo	Este caso de uso trata da importação de todas as informações a serem utilizadas no processamento do sistema. As informações são extraídas de outros sistemas existentes que possuem dados dos alunos armazenados.
Pré-condições	O sistema deve estar aberto
Pós-condições	Verificar o conteúdo do arquivo importado no item de menu de cadastro, de acordo com o nome utilizado na importação. Cada entidade possui um nome correspondente ao item de menu.
Ações do ator	Mediante a importação dos dados ao sistema, torna-se necessária a utilização da consulta das informações importadas por meio do cadastro de consulta.
Restrições/Validações	Não se aplica.

Com os dados importados, o usuário deve criar um grupo de estudo com um nome que identifique o estudo a ser realizado. O usuário deve acionar o botão “Adicionar Grupo” para a sua criação, conforme Tabela 4. Os casos de uso CSU003 e CSU004 podem ser utilizados após o caso de uso CSU002 ter sido finalizado, para a identificação das disciplinas participantes e/ou período.

Tabela 4: Especificação – Criar Grupo de Estudo

Nome do Caso de Uso	Criar Grupo de Estudo
Caso de Uso Geral	CSU002
Ator Principal	Usuário
Atores Secundários	Não Possui
Resumo	Ao criar o grupo de estudo, é necessário adicionar as disciplinas que serão utilizadas como referência para análise e obtenção das notas dos alunos.
Pré-condições	Execução do caso de uso CSU001
Pós-condições	Não Possui
Ações do ator	Definir nome simbólico de criação de grupo de estudo.
Restrições/Validações	Não se aplica.

Com o grupo de estudo pronto, o usuário deve identificar qual ou quais as disciplinas serão relacionadas. As disciplinas são apresentadas em uma lista, para que o usuário selecione as que farão parte deste. Após a seleção da(s) disciplina(s), o usuário deve acionar o botão “Adicionar na Lista” para ser relacionada no estudo de caso, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Especificação – Adicionar Disciplinas ao Grupo de Estudo

Nome do Caso de Uso	Adicionar Disciplinas ao Grupo de Estudo
Caso de Uso Geral	CSU003
Ator Principal	Usuário
Atores Secundários	Não Possui
Resumo	Adicionar as disciplinas que serão utilizadas como referência para análise e obtenção das notas dos alunos.
Pré-condições	Execução do caso de uso CSU002
Pós-condições	Não Possui
Ações do ator	Selecionar as disciplinas que serão utilizadas na montagem do grupo de estudo.
Restrições/Validações	Não se aplica.

Com os casos de uso CSU002 e CSU003 finalizados, o usuário pode identificar os anos em que as disciplinas foram utilizadas, caso não selecione, o sistema assume as disciplinas selecionadas, sem restrições, para a montagem da lista de alunos. Este caso de uso CSU004 é opcional, somente utilizado para períodos específicos a serem estudados, conforme Tabela 6.

Tabela 6: Especificação – Adicionar Ano Grupo de Estudo

Nome do Caso de Uso	Adicionar Ano Grupo de Estudo
Caso de Uso Geral	CSU004
Ator Principal	Usuário
Atores Secundários	Não Possui
Resumo	Ao criar o grupo e adicionar as disciplinas, deve-se identificar em quais anos será realizada a montagem do grupo de estudo. Por padrão, quando não informado, são estudados todos os anos.
Pré-condições	Execução do caso de uso CSU002 e CSU003
Pós-condições	Não Possui
Ações do ator	Identificar na montagem do grupo de estudo, se são todos os anos ou somente um intervalo de anos específico.
Restrições/Validações	Restringe a montagem da lista de alunos somente com os anos selecionados.

O usuário pode acionar o botão “Gerar Grupo ABC de Estudo” para a criação da lista de alunos separada por notas, de acordo com definições apresentadas no capítulo 2. Essa lista separa os alunos por grupo A, B e C, de acordo com as notas finais obtidas, quando cursou a disciplina, conforme Tabela 7.

Tabela 7: Especificação – Classificar dos Alunos nos grupos A, B e C de estudo

Nome do Caso de Uso	Classificar dos Alunos nos grupos A, B e C de estudo
Caso de Uso Geral	CSU005
Ator Principal	Usuário
Atores Secundários	Não Possui
Resumo	Esta funcionalidade realiza a partir do grupo de estudo, a seleção de todos os alunos que cursaram as disciplinas que fazem parte do grupo de estudo, seguindo os parâmetros de escolha, definido na criação do grupo. Ao final da execução dessa funcionalidade, pode-se verificar a existência dos grupos A, B e C.
Pré-condições	Execução do caso de uso CSU003 ou CSU003 e CSU004
Pós-condições	Não Possui
Ações do ator	Solicitar a execução da funcionalidade que realiza a separação das notas dos alunos nos grupos A, B e C.
Restrições/Validações	Somente os alunos que possuem notas finais nas disciplinas.

A classificação dos alunos por grupo A, B e C pronto, o usuário pode solicitar a geração de comportamentos das notas finais por aluno, ao acionar o botão “Gerar os Modelos”, conforme Tabela 8. O sistema percorre a lista de alunos e inicia o preenchimento da entidade “ModeloAluno”, apresentada a seguir, com as informações do aluno e sua matriz de comportamento.

Tabela 8: Especificação – Gerar modelos de estudo

Nome do Caso de Uso	Gerar modelos de estudo
Caso de Uso Geral	CSU006
Ator Principal	Usuário
Atores Secundários	Não Possui
Resumo	Esta funcionalidade percorre a lista de notas por aluno, montada pelo caso de uso CSU005, gerando uma matriz de probabilidade de comportamento das notas por aluno e armazenando os resultados dessa matriz em base de dados.
Pré-condições	Execução do caso de uso CSU005
Pós-condições	Não Possui
Ações do ator	Solicitar a execução da funcionalidade para a geração desses modelos de comportamentos.
Restrições/Validações	Não se aplica.

O usuário deve acionar o botão “Observar Modelos” para que o sistema realize, por meio do algoritmo de Markov, a identificação do comportamento das notas dos alunos, conforme Tabela 9. Nesse momento é percorrida a lista de alunos, obtendo suas notas nas disciplinas relacionadas no estudo de caso. Após finalizar o aprendizado do comportamento do aluno, é armazenada na base de dados e adicionada a matriz do grupo, a qual pertence o aluno. Esse

processo é repetido para todos os alunos na geração das matrizes de comportamento por grupo A, B e C.

Tabela 9: Especificação – Observar os Modelos de estudo

Nome do Caso de Uso	Observar os Modelos de estudo
Caso de Uso Geral	CSU007
Ator Principal	Usuário
Atores Secundários	Não Possui
Resumo	Esta funcionalidade percorre a lista de notas por aluno, montada pelo caso de uso CSU005, analisando todas as notas, de acordo com os parâmetros definidos no capítulo 3. Cada aluno analisado tem seus dados atualizados na base de dados, para estudos futuros.
Pré-condições	Execução do caso de uso CSU005
Pós-condições	Não Possui
Ações do ator	Solicitar a execução da funcionalidade para a geração desses modelos de comportamento.
Restrições/Validações	Não se aplica.

Usuário pode gerar o relatório dos resultados obtidos, que são as matrizes de probabilidade do comportamento das notas dos alunos, por grupo A, B e C para serem analisados. Podem ser solicitados ao sistema os relatórios de esforços dos alunos, para obterem a nota final de aprovação e os estados mais visitados por grupo A, B e C.

Tabela 10: Especificação – Gerar Relatório da Matriz

Nome do Caso de Uso	Gerar Relatório da Matriz
Caso de Uso Geral	CSU009
Ator Principal	Usuário
Atores Secundários	Não Possui
Resumo	Esta funcionalidade apresenta os relatórios das informações geradas do caso de uso CSU008.
Pré-condições	Execução do caso de uso CSU008
Pós-condições	Não Possui
Ações do ator	Solicitar a execução da funcionalidade para a apresentação dos relatórios.
Restrições/Validações	Não se aplica.

3.5 Banco de Dados

Um aluno possui um único número de matrícula que o identifica durante todo o período que está cursando. Ao fazer sua matrícula na Universidade, são preenchidas as informações sobre o ano de ingresso, o tipo de ingresso e a situação da matrícula. A informação sobre a data

de encerramento do curso somente será preenchida quando ocorrer o encerramento do aluno com a Universidade. O encerramento pode ser por desistência, por cancelamento, por desligamento, por abandono, por transferência, ou por finalização do curso. Ao realizar a matrícula, deve-se identificar por qual curso e habilitação esse aluno fez a opção, já que essas informações permitem a identificação das disciplinas a serem cursadas pelo aluno.

Um aluno, durante o curso, obtém várias notas finais em diversas disciplinas oferecidas; também pode cursar a mesma disciplina mais de uma vez. Isso ocorre em virtude de reprovação, quando a nota final e a segunda nota final obtida forem inferiores a 5,0, ou por frequência ou por ambas. Cada disciplina oferecida é cursada, e após, é atribuída a nota final ao aluno. Uma disciplina pode ser oferecida em vários cursos e turmas, de acordo com a versão habilitada. O aluno, ao cursar essa disciplina oferecida, obtém um status no final do processo, que pode ser de aprovado ou reprovado.

A Universidade mantém registro de todas as disciplinas que são oferecidas. Cada disciplina possui seu código, sigla, descrição e data de ativação. O código é único para cada disciplina.

Cada vez que a disciplina é oferecida, são registrados: código dos alunos, semestre, ano, disciplina e número do oferecimento. O código da turma é o que distingue as diferentes turmas da mesma disciplina no mesmo semestre/ano.

Para identificar o comportamento das notas dos alunos é criado um grupo de estudo, onde são identificadas as disciplinas que serão analisadas. Neste grupo de estudo são relacionados todos os alunos separados por grupos de estudo, que são A, B e C. Os alunos destes grupos são analisados e os resultados são armazenados nas entidades modelo aluno e observação. Assim sendo, utilizou-se nesse projeto uma modelagem de dados cujo objetivo é transformar uma ideia conceitual em algo que possa ser entendido em termos computacionais.

Foi estabelecida uma forma padrão para estruturar um banco de dados independente do tipo de ambiente ou negócio, utilizando o metamodelo Entidade-Relacionamento (ER) (HEUSER, 2004). Esse esquema consiste na descrição detalhada dos requisitos de dados apontados pela secretaria de cursos de graduação da Escola Politécnica da Universidade de São

Paulo (EPUSP). Nessa descrição encontram-se detalhes sobre as entidades, relacionamentos e restrições, como apresenta a Figura 9.

Figura 9: Modelo Entidade Relacional (ER).

Fonte: Autor

Para complementar o diagrama ER, apresentado na Figura 9, foram disponibilizados os dicionários de dados que possibilitam a visualização dos atributos de cada Entidade constante no ANEXO I, II e III.

3.6 Projeto Físico

Nesta fase de projeto físico, apresenta-se toda a metodologia para o desenvolvimento do sistema. Foi proposta uma arquitetura geral do ambiente educacional para modelagem de contexto educacional, a fim de obterem resultados de análise e avaliações.

3.6.1 Prototipação Evolucionária

A prototipação evolucionária é uma técnica que viabiliza uma melhor interação entre os desenvolvedores e os interessados no produto final (sistema). Pode-se considerar que o desenvolvimento de sistemas, neste modelo, permite acelerar o tempo de desenvolvimento e garante qualidade ao produto final, porque possibilita que funções novas sejam adicionadas, caso necessário.

Para o estudo proposto, foram implementadas as principais funções e necessidades do usuário. Nessa fase do projeto as funções foram otimizadas para o sistema, permitindo-se que novas funções fossem adicionadas, caso necessário, de acordo a utilização realizada pelo usuário. A estrutura do sistema de avaliação de comportamento das notas dos alunos irá gerar resultados para a realização da análise das notas finais obtidas.

Este sistema proposto realizará a avaliação do comportamento das notas dos alunos a partir das notas finais e das segundas notas finais obtidas nas disciplinas que foram cursadas. Para isso, o sistema gera os grupos A, B e C, em que são separadas previamente as notas dos alunos em grupo de estudo e, ao realizar a criação destes grupos, o usuário pode solicitar uma avaliação do grupo de estudo. Ao solicitar a avaliação, o sistema monta, por aluno, todas as notas obtidas nas disciplinas. Após a montagem das notas dos alunos, elas são classificadas em

estados, conforme apresentado na Figura 4. Para que o algoritmo de Markov execute o processamento das notas finais, são realizadas as conversões das notas em estados, e a partir desse passo, o sistema gera a matriz de probabilidade e, os modelos a serem armazenados para futuros estudos, além do custo dado com a mudança de estado, que passa a ser definida com esforço, conforme apresenta a Figura 10.

Figura 10: Estrutura de funcionamento do sistema de avaliação de comportamento das notas.

Fonte: Autor

O sistema de avaliação recebe o tipo de estudo a ser realizado, com as disciplinas relacionadas. Nesse passo, identifica quais são os alunos que cursaram as disciplinas, depois verifica a classificação destes alunos, separando os por grupo A, B e C. Com essas informações, o sistema monta a lista dos alunos participantes, todas as suas notas finais obtidas e convertidas em estados. Após, o usuário solicita ao sistema, a execução do algoritmo de Markov para geração da matriz de distribuição de probabilidade do tipo de estudo, bem como os modelos de alunos e os custos das transições da movimentação realizada entre os estados. As matrizes geradas são armazenadas na base de dados para serem analisadas e estudadas, e são também armazenados os modelos por aluno.

Com o custo/esforço associado à movimentação entre os estados, obtido pelo algoritmo, é gerada uma lista, para análise e avaliação. Esses resultados permitem identificar o valor de esforço imediato obtido pelo aluno na realização da segunda nota final.

O usuário, ao interagir, possui total liberação de acesso a todas as funcionalidades o sistema. Na Figura 11, pode-se visualizar a tela principal de acesso, com todos os itens do menu.

Figura 11: Tela principal do sistema.

Fonte: Autor

Na Figura 12, apresenta-se a tela de importação de arquivo padrão *Comma-Separated Values* (CSV), que possui o formato regulamentado pelo *Request for Comments* (RFC) 4180. Essa funcionalidade importa as informações contidas nesse tipo de arquivo; os seus campos de valores estão separados por meio de ponto e vírgula (;).

Figura 12: Tela de Importação para arquivos CSV.

Fonte: Autor

A importação das informações é o primeiro passo a ser realizado antes da execução das funcionalidades a seguir. Esta funcionalidade armazena todos os dados em todas as entidades existentes, conforme definições apresentadas no ANEXO III.

Na Figura13, apresenta-se a tela de exportação de arquivo CSV de dados, o que permite que o usuário extraia as informações do sistema e que também possa analisar os dados existentes.

Figura 13: Tela de Exportação de arquivos CSV.

Fonte: Autor

Na tela de cadastro de alunos, ao usuário são oferecidas as funcionalidades de manutenção no sistema, permite-se que o usuário realize manutenção nos valores dos campos, nos quais, durante o processo de importação, ocorreram problemas. Essa tela pode ser vista na Figura 14.

Figura 14: Tela de Manutenção dos dados dos alunos.

Codalu	Tiping	Sitatl	Anoing	Stamtr	Tipoencerramento
1003	Vestibular 2 Lista	D	2000	M	Abandono 3 semestres sem matrícula
34227	Vestibular	A	2009	M	(Não encerraram o curso)
119412	Vestibular	D	2003	M	Cancelamento 0 crédito
177645	Vestibular	D	2003	M	Conclusão
296189	Transf Externa	A	2002	M	(Não encerraram o curso)
670790	Transf USP	D	2002	M	Conclusão
715904	Vestibular	A	2014	M	(Não encerraram o curso)
974862	Vestibular	A	2005	M	(Não encerraram o curso)
1233120	Vestibular	D	2000	M	Conclusão

Fonte: Autor

Na tela de cadastro de *status* da disciplina permite-se que o usuário realize a manutenção dos dados, nos quais, foram importados com problemas no processo de importação. A tela de cadastro de status disciplina pode ser vista na Figura 15.

Figura 15: Tela de Manutenção dos status da disciplina cursada pelo aluno.

Controle de Dados e Gestão de Notas

Cadastro Relatorios Geração Analise Modelo Janelas

Manutenção de Status de Disciplina

Dados

Novo Status da Disciplina Cursada

Status Disciplina

Descricao

Incluir Novo Status

Lista de Status da Disciplina: **Aprovado** Remover Status

Retfim	Descricao
A	Aprovado
AR	Aprovado c/ Recuperacao
D	Desistente
RA	Reprovado por Ambas
RF	Reprovado por Frequencia
RN	Reprovado por Nota
T	Transferencia

Fechar

Fonte: Autor

Na tela de cadastro de tipo de encerramento de curso oferecido, permite que o usuário realize manutenção nos valores dos dados, nos quais, foram importados para o sistema com problemas. A tela pode ser vista na Figura 16.

Figura 16: Tela de Manutenção de encerramento de curso do aluno.

Controle de Dados e Gestão de Notas

Cadastro Relatorios Geração Analise Modelo Janelas

Tipo Encerramento de Curso

Dados

Novo Tipo de Encerramento Curso

Tipo Encerramento

Descrição

Incluir Novo

Lista de Encerramento: **(Não encerraram o curso)** Remover Encerramento

Fechar

Fonte: Autor

Na tela de cadastro de disciplina, permite-se que o usuário realize a manutenção nos valores dos dados, nos quais, durante o processo de importação, ocorreram problemas. A tela pode ser vista na Figura 17.

Figura 17: Tela de Manutenção das disciplinas.

Manutenção de Disciplinas

1 of 1568

Dados

Cod. Disciplina: 0300001 Versão: 1 Sigla: 300001

Nome: Trabalho de Formatura para Engenharia Civil I

Dt. Ativação: 01/01/2009 Dt. Desativação:

Limpar Incluir Remover Alterar

Coddis	Verdis	Nome	Ativacao	Desativacao	Sigla
0300001	1	Trabalho de Formatura para Engenharia Civil I	01/01/2009		300001
0300002	1	Trabalho de Formatura para Engenharia Civil II	01/01/2009		300002
0300021	0	Empreendedorismo e Planos de Negócios	01/01/2008		300021
0302501	0	Tópicos Avançados em Engenharia I	01/01/2005		302501
0302502	0	Tópicos Avançados em Engenharia II	01/01/2005		302502

Fechar

Fonte: Autor

Na tela de cadastro de tipo do ingresso nas Engenharias, permite-se que o usuário realize uma manutenção nos valores dos dados, nos quais, durante o processo de importação, ocorreram problemas. A tela pode ser vista na Figura 18.

Figura 18: Tela de Manutenção do tipo Ingresso nas Engenharias.

Fonte: Autor

Na tela de cadastro dos cursos e habilitações nas Engenharias, permite-se que o usuário realize uma manutenção nos valores dos dados, nos quais, durante o processo de importação, ocorreram problemas. A tela pode ser vista na Figura 19.

Figura 19: Tela de Manutenção dos Cursos e Habilitações das Engenharias.

Curso - Habilitação

Cadastro Relatorios Geração Análise Modelo Janelas

1 of 39

Dados

Cod Curso: 0 Cod. Habilitação: 0

Descrição: Todas os Cursos Cursados

Limpar Incluir Remover Alterar

Codcur	Codhab	Descricao
0	0	Todas os Cursos Cursados
3011	0	Ciclo Basico - Engenharia Elétrica
3020	0	Civil (EC1)
3021	0	Grande Área - Engenharia Civil
3021	100	Engenharia Civil
3030	1600	Engenharia Elétrica
3031	0	Ciclo Basico - Engenharia Elétrica

Fechar

Fonte: Autor

Na tela de relatórios, permite-se que o usuário consiga visualizar todas as informações que foram importadas para o sistema, em qualquer lugar onde estejam. Essa funcionalidade permite que o usuário visualize os valores dos campos. A Figura 21 mostra várias dessas telas de relatório.

Figura 20: Telas dos Relatórios existentes no Sistema.

Fonte: Autor

A tela de classificação dos grupos A, B e C é o local onde são realizadas as criações dos grupos de estudo e a separação dos alunos. Para a realização do grupo de estudo, é dado um nome simbólico, e, na sequência, são selecionadas as disciplinas que farão parte deste estudo. Após, é acionado o botão “gerar grupo ABC” de estudo, que realiza a separação de todos os alunos que cursaram as disciplinas selecionadas. Esses alunos são separados por grupos A, B e C, de acordo com as regras apresentadas na Figura 3. Essa separação permite que o sistema verifique o comportamento das notas finais de forma simples.

A realização desse passo gera um relatório com todas as informações dos alunos que será analisado e, permite que o usuário realize a visualização do relatório. A tela de classificação dos grupos A, B e C pode ser vista na Figura 21.

Figura 21: Tela de Classificação dos grupos A, B e C no Sistema.

Fonte: Autor

Na tela de relatório de controle dos alunos por classificação nos grupos A, B e C, permite-se que o usuário realize a visualização de todas as informações que foram geradas no sistema. Essa funcionalidade permite que o usuário obtenha um relatório de controle dos alunos pela classificação nos grupos A, B e C, como pode ser visto na Figura 22.

Figura 22: Tela de Controle dos Alunos Classificação nos grupos A, B e C.

idgrupo	grupo	codcur	codhab	codalu	anofimvin	anoing	qdeNotas	idTbTipoEstudo	an
4743892	A	3031	150	3049731	2006	2001	1	1	2006
4743893	A	3031	150	3049731	2006	2001	3	1	2001
4743894	A	3031	150	3060290	2004	2000	1	1	2000
4743895	A	3031	150	3060290	2004	2000	3	1	2000
4743896	A	3031	150	3060568	2005	2000	1	1	2000
4743897	A	3031	150	3060568	2005	2000	3	1	2000
4743898	A	3031	150	3064850	2004	2000	1	1	2000
4743899	A	3031	150	3064850	2004	2000	3	1	2000
4743900	A	3031	150	3064927	2004	2000	1	1	2000
4743901	A	3031	150	3064927	2004	2000	3	1	2000
4743902	A	3031	150	3065000	2004	2000	1	1	2000
4743903	A	3031	150	3065000	2004	2000	3	1	2000
4743904	A	3031	150	3065101	2004	2000	1	1	2000
4743905	A	3031	150	3065101	2004	2000	3	1	2000

Fonte: Autor

Na tela de geração da matriz de comportamento dos alunos por grupo de classificação A, B e C, permite-se que o usuário consiga visualizar todas as informações que foram geradas, após a verificação do sistema. O usuário pode acionar o botão “gerar os modelos”, a matriz gerada é armazenada na base; também pode acionar o botão para observar os modelos e, percorrer todas as notas finais dos alunos por grupo de classificação, além de obter a apresentação da matriz de comportamento das notas dos alunos e o esforço realizado no grupo. Essa funcionalidade permite que o usuário obtenha a geração da matriz de comportamento dos alunos por grupo de classificação A, B e C, como pode ser visto na Figura 23.

Figura 23: Tela de Geração da Matriz de comportamento dos Alunos por grupo.

Fonte: Autor

Na tela de busca de modelos de alunos formados, permite-se que o usuário realize a identificação dos modelos que foram armazenados no processo, e de visualizar as informações. A tela pode ser vista na Figura 24.

O usuário seleciona a primeira lista de grupo de estudo origem e depois a segunda lista de grupo de estudo identificado, após a seleção, aciona o botão “Obter comparação” para ser realizada a comparação do resultado obtido de cada aluno da segunda lista, com todos os resultados dos alunos da primeira lista.

Figura 24: Tela de comparação dos comportamentos das notas dos alunos.

Busca de Modelos gerados Comparacao MDP

Dados do Modelo Origem

Grupo de Estudo

Total de Modelos existentes

Dados dos a serem identificados com os Modelos

Grupo de Estudo

Total de itens para busca

Encontrados 100%

Encontrados 90% a 100%

Não Encontrados

Obter Comparação

Fechar

Fonte: Autor

Na Tela da Figura 24 pode ser realizada a comparação entre os diversos grupos de estudo existentes, com objetivo de identificar padrões de comportamentos semelhantes.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1 Introdução

Neste capítulo, é apresentado o estudo de caso utilizando-se a aplicação desenvolvida como sistema de avaliação do comportamento das notas dos alunos. Para os estudos de casos a serem realizados, foram feitas importações dos dados para o sistema, os quais foram obtidos da secretaria de graduação da EPUSP.

Com essa importação foram identificados todos os alunos que fizeram matrículas entre 2000 e 2014, conforme mostra a Figura 25.

Figura 25: Lista de alunos matriculados de 2000 a 2014.

Fonte: Autor

Nessa lista de alunos, foi identificada que, a partir de 2011, conforme apresenta a Figura 25, os alunos matriculados eram somente da Engenharia Elétrica. Para o estudo de caso deverá ser levada em consideração essa ausência das outras Engenharias.

Será realizado estudo de casos com o sistema para geração de resultados que permitam a análise das notas finais dos alunos nos diversos cursos das Engenharias, por meio da observação do comportamento das notas obtidas nas disciplinas dos cursos. Os alunos serão separados pelos períodos de curso, nos anos de 2000 a 2010; desse modo, a escolha de estudo de caso passa a

envolver todas as Engenharias, com maior número de cursos, não somente o curso de Engenharia Elétrica, para os anos de 2011 a 2014.

Neste estudo, foi identificado que a maioria dos estudantes ingressou por meio do vestibular, com aproximadamente 94% do total de alunos, conforme gráfico da Figura 26. Assim, o que se pode esperar é que os ingressantes possuam alta capacidade de raciocínio e também um bom conhecimento inter-relacionado com as demais áreas.

Figura 26: Alunos separados por tipos ingresso.

Fonte: Autor

Por isso, acredita-se que, no decorrer do curso e do processo de formação, esses alunos não deveriam apresentar dificuldades nas diversas disciplinas cursadas.

A aplicação utilizada neste estudo de caso atende aos pormenores descritos na Figura 4. As regras de utilização para aplicação têm como base as Tabelas 2 e 3. Essas regras foram definidas sobre as ações que terão as medidas a serem tomadas de decisão, de acordo com objetivo a ser alcançado.

A partir da transformação das notas em estados, conforme apresenta a Tabela 2, o sistema identifica a possível decisão (ação) que está relacionado, vindo a montar, assim, uma matriz de estados finitos, na qual se considera que cada ação gerada corresponda a uma medida a ser aplicada ao aluno. Neste estudo, não serão tomadas quaisquer medidas, somente serão identificadas as observações com o par estado/ação que ocorrem com maior frequência.

Para os casos de estudo a serem realizados com o sistema, é assumido que o aluno ao ser classificado em um estado, e sendo este de recuperação, para ser aprovado, tem que obter a nota final igual ou superior 5. A nota de recuperação encontra-se nos estados E1 e E2, os quais estarão sendo o foco do estudo. O aluno ao obter a nota final de recuperação deverá realizar um esforço para alcançar nova nota de avaliação e, o qual representa o valor de esforço, que é definido como valor igual a 5. Sabe-se que para os outros estados, no caso E0, o aluno tem um esforço, mas implicará em refazer a disciplina, que para esta proposta não está sendo estudada; para os estados E3 e E4, o aluno é aprovado na disciplina.

Quando a nota final do aluno for classificada nos E1 ou E2, o aluno deverá realizar uma nova avaliação, caso obtenha uma nova nota final, e esta nota for superior a 4,99, representa que o aluno foi aprovado. Com isso pode se ter que o aluno estava no estado E1 ou E2, anteriormente, e passou para o estado E2, E3 ou E4. Quando ocorre a movimentação de estado, o custo definido é para os seguintes casos: estado E1 para E2, esforço igual a 6; estado E1 para E3, esforço igual a 7; e estado E1 para E4, esforço igual a 8. Quando for do estado E1 para E1 ou E2 para E2, se mantendo no mesmo estado, esforço igual a 5; estado E2 para E3, esforço igual 6; e por fim, do estado E2 para E4, esforço igual 7.

4.2 Estudo de caso 1

Para o primeiro estudo de caso, foram selecionados todos os alunos de todas as Engenharias, matriculados nos diversos cursos existentes nos anos de 2000 até 2010, como apresentado na Figura 27.

Figura 27: Lista de alunos matriculados de 2000 a 2010.

Fonte: Autor

Neste estudo, foi compreendido o comportamento das notas finais o que ocorreu com esses alunos ao longo do tempo, com o número total de 8.407 alunos.

As notas dos alunos a serem estudadas estão separadas em grupamento de resultados obtidos após a aplicação da avaliação, conforme Figura 28. Neste estudo foram considerados os grupos A, B e C que apresentam um baixo risco (alunos que sempre tiveram notas iguais, ou superiores a 5), um médio risco (alunos que apresentaram pelos uma nota final inferior a 5 e igual ou superior a 3), e os de alto risco (alunos que apresentaram pelos uma nota final inferior a 3).

Figura 28: Representação do resultado das notas dos Alunos. **Fonte: Autor**

Como se pode observar na Figura 29, o índice de aprovação nas disciplinas oferecidas é bem superior, 81,26%, e há um baixo índice de reprovações por nota final, por frequência e em ambas, que ficam em torno de 17,11%.

Para realizar este estudo, nos grupos B e C, o foco foi fixado na obtenção da nota de recuperação (segunda nota final), procurando-se identificar o esforço que o aluno teve que realizar para ter aprovação na disciplina, conforme apresenta a Figura 29. Nessa fase são definidos: o título do estudo de grupo de “Estudo de todas as Engenharias”, os anos entre 2000 e 2010 que serão estudados, quais Engenharias e todos os alunos, formados e m processo de formação.

Figura 29: Interação com a aplicação para identificação de todas as Engenharias.

Fonte: Autor

Como apresentado na Figura 30, inicia-se a etapa da criação dos três grupos de alunos, A - (baixo risco), B - (risco médio) e C - (risco alto), para geração de modelos determinísticos.

Figura 30: Interação com a aplicação para realizar a classificação.

Fonte: Autor

A partir da classificação das notas dos grupos A, B e C, em que cada grupo possui um subgrupo de estados, conforme Figura 6, é possível identificar os comportamentos das notas a serem armazenadas na base de dados, de acordo com o grupo de estudo que está sendo realizado.

4.2.1 Identificação dos grupos A, B e C

Ao realizar a classificação por grupo de todos os alunos matriculados no período de 2000 a 2010, pode-se visualizar a quantidade geral dos grupos, conforme apresenta Figura 31.

Figura 31: Visão Geral da classificação dos A, B e C.

Fonte: Autor

Nessa visão geral, não há como identificar o comportamento do aluno durante todo o seu desenvolvimento de aprendizado; somente por meio da observação realizada pelo agente de avaliação é que foi possível identificar a evolução ocorrida durante todo o curso.

4.2.2 Transformações das notas em estados

O sistema de avaliação com o algoritmo de POMDP avalia os grupos de estudo A, B e C, obtendo um conjunto de possíveis estados. Para cada estado, pode-se ter uma ação dentro de um conjunto de ações possíveis e, ainda, receber um valor de esforço cada vez que se executa uma mudança de estado. O esforço indica o valor imediato da transição estado/ação. Isso produz uma sequência de pares estado/ação e seus respectivos valores de esforço. O objetivo do sistema é observar, analisar e aprender.

O sistema, conforme apresentado na Figura 32, identifica o comportamento das notas dos alunos nas disciplinas oferecidas nos cursos, as quais serão identificadas as que apresentaram mais esforços para os alunos.

Figura 32: Geral dos modelos e identificação do comportamento por grupo.

Fonte: Autor

As notas são convertidas de acordo com escala métrica, conforme definido no capítulo 2, para serem usadas para diferentes estados.

Neste estudo, identificou-se que o esforço encontrado nas notas obtidas pelo aluno está concentrado nos estados E1 e E2, conforme definido no capítulo 2, o que significa que houve um grande número de visitas nesses estados.

Três grupos de estudo, entre 2000 e 2010, foram observados para estimar o rendimento das notas obtidas dos alunos, por meio do sistema, conforme registrado na Figura 34. Também foi verificado o esforço de todos os alunos, separados por grupos de estudos A, B e C. Nos grupos B e C, nota-se que foi encontrado um grande número de alunos com nota abaixo de 5, o que pode ter ocorrido por vários fatores. Pode-se identificar que as notas do grupo C têm o maior esforço que aquelas do grupo B, durante os cursos. Esse resultado mostra a necessidade de efetuar revisões ou incluir disciplinas de apoio que poderiam auxiliar nas dificuldades apresentadas, com o objetivo de promover uma melhor nota de recuperação (segunda nota final).

Tabela 11: Esforços separados pelos grupos A, B e C.

Total de Esforço do Grupo A	Total de Esforço do Grupo B	Total de Esforço do Grupo C
0	27.051	113.761

Fonte: Autor

O resultado da Tabela 11 mostra o esforço obtido durante a execução do sistema de acordo com as transições entre os estados. Pode-se também observar o esforço realizado em cada grupo. O grupo A, apresenta zero de esforço, sem a nota de recuperação (segunda nota final). Nos grupos B e C, esse esforço fica bem estabelecido, representado pelas transições ocorridas.

Na Figura 33 apresenta o resultado da análise obtida do sistema, de forma gráfica. A cor azul são as notas finais dos alunos e cor laranja são os esforços ocorridos quando os alunos obtêm a nota de recuperação, mediante a nota final. Nesse período, em análise, podem-se notar

os esforços ocorrendo nos grupos B e C, o qual apresenta a cor laranja sobrepondo todo o gráfico.

Figura 33: Resultado da análise da obtida do sistema.

a) Análise por grupo A, B e C no período de 2000 a 2010,

b) b) Amostra de 20 alunos de (a).

Fonte: Autor

O sistema obteve o total de 356.848 notas obtidas nesse período em estudo, pode-se identificar o esforço realizado em cada um dos grupos, conforme Figura 33a. O grupo A não apresenta sinais de esforços, em virtude de suas notas finais estarem acima de 5; quanto aos grupos B e C, houve um grande esforço por parte dos alunos para recuperarem a nota inferior e transformá-la em 5 ou mais, para serem aprovados. Para os estados E0 e E4, a medição do esforço é zero, porque no estado E0, o intervalo de nota está definido entre 0 a 2; já no estado E4, as notas são iguais ou acima de 8, e por isso não existe esforço a ser identificado. Com isso,

o foco fica nos estados E1, E2 e E3, em que se pode avaliar o esforço que o aluno teve para recuperar uma nota inferior e transformá-la, pelo menos, no valor 5 de aprovação. A nota mínima para o aluno ter condições de poder realizar uma nova avaliação é 3. O sistema gera relatórios gráficos dos grupos B e C, os resultados das notas, os quais caracterizam a necessidade de uma ação de maior valor de utilidade para os estados que obtiveram maior visitação.

Nos dados apresentados na Figura 33b, tem-se um espaço amostral, dentro de um universo de 20 alunos, com o objetivo de visualizar os esforços dos alunos para obterem a segunda nota final (recuperação). Pode-se observar que existe a necessidade da realização de medidas que venham a ajudar o grupo C a melhorar, uma vez que ocorrem muitas reprovações.

Neste estudo de caso, a partir do gráfico apresentado na Figura 34, pode-se obter o comportamento das notas finais dos alunos dos grupos A, B e C. O resultado verificado no grupo B, com 23,78%, nota-se que conseguiram uma melhora na nota (indo do estado E1 para o estado E2), o que pode ser interpretado como aprovação. Também se ressalta nesse grupo uma quantidade de 4,48% de alunos que conseguiram melhorar a nota final inicial (indo do estado E1 para o E3). Além dessas duas transições indicadas, observa-se uma quantidade de 0,8% de alunos que obtiveram uma mudança mais significativa, já que saíram do estado E1 para E4.

Para o grupo C, esses números são bem inferiores, indicando que existe uma repetência significativa nas disciplinas, conforme apresentado na Tabela 12.

A Figura 34 apresenta a cadeia de Markov resultante em cada um dos grupos A, B e C, dos comportamentos das notas finais e recuperação dos alunos obtidos no período em estudo.

Figura 34: Cadeia de Markov gerado por grupo A, B e C no período de 2000 a 2010.

Fonte: autor

Com o resultado apresentado na Figura 34, tem-se que o comportamento das notas dos alunos pertencentes ao grupo C, no estado E1, são aqueles que necessitam de maior esforço para a obtenção da nota de recuperação. Nesse estado o número total de alunos que ficam retidos corresponde a 83,68%, valor extremamente elevado, o que provoca necessariamente a realização de um estudo específico para identificar a origem dos problemas ou as barreiras no aprendizado das disciplinas abordadas.

Tabela 12: Lista de Alunos por grupos A, B e C.

Exemplo de divisão por grupo de intervalos de notas para as disciplinas: PCS2215, PCS2011, PCS2012, PCS2021, PCS2022 e PCS2024.									
Grupo	Seq	CodCur	CodHab	CodTur	CodAlu	rstFim	CodDis	notFim	notFim2
C	1552727	3121	10	2008103	5187317	A	PCS2011	6,2	
	1552728	3121	10	2008150	5187317	RN	PCS2012	4	4
	1552729	3121	10	2009150	5187317	RA	PCS2012	0	
	1552730	3121	10	2010150	5187317	A	PCS2012	6,6	
	1552733	3121	10	2008302	5187317	A	PCS2021	6,5	
	1552734	3121	10	2008350	5187317	RN	PCS2022	0,5	
	1552735	3121	10	2010350	5187317	A	PCS2022	5,9	
	1552737	3121	10	2008301	5187317	A	PCS2024	6,3	
	1552768	3121	10	2006201	5187317	RN	PCS2215	2,1	
	1552769	3121	10	2007204	5187317	A	PCS2215	6,1	
	1557987	3121	10	2007101	5188499	A	PCS2011	8,8	
	1557988	3121	10	2007150	5188499	A	PCS2012	5,2	
	1557990	3121	10	2007303	5188499	A	PCS2021	8,6	
	1557991	3121	10	2007350	5188499	RA	PCS2022	0	
	1557992	3121	10	2008350	5188499	A	PCS2022	4,2	5,3
	1557994	3121	10	2007302	5188499	A	PCS2024	6,3	
B	1558021	3121	10	2006204	5188499	A	PCS2215	7,5	
	1370901	3031	160	2003203	3423351	RN	PCS2215	4,4	4,4
	1370902	3031	160	2007203	3423351	A	PCS2215	5	
	1410417	3031	160	2003201	3481053	RN	PCS2215	4,3	4,3
	1410418	3031	160	2006201	3481053	A	PCS2215	5	
	1726556	3031	150	2009204	6275940	RN	PCS2215	4,1	4,1
	1726557	3031	150	2010203	6275940	RF	PCS2215	5,1	
	1726558	3031	150	2011203	6275940	A	PCS2215	4,7	5,5
	1750315	3031	150	2010203	6307908	RN	PCS2215	3,1	3,1
	1750316	3031	150	2011204	6307908	A	PCS2215	5,1	
A	1475731	3031	150	2005202	4933449	A	PCS2215	4,5	6,2
	1592110	3031	150	2007201	5137695	A	PCS2215	5,1	
	1603546	3031	190	2007201	5446195	A	PCS2215	8,7	

Fonte: Autor

Na Tabela 12 apresentada, observa-se que os alunos do grupo C, por exemplo, na coluna “codalu”, os códigos dos alunos 5187317 e 5188499, chegam a cursar a mesma disciplina, coluna “coddiss”, até três vezes, o que a justifica o número de esforço alto apresentado na Tabela 11, referente a grupo C. Já os alunos do grupo B também chegam a cursar as disciplinas mais vezes, mas o número de alunos é menor, e também pode se observar o código do aluno 6275940, que após ter cursado a disciplina “PCS2215 - Sistemas Digitais I” pela terceira vez, conseguiu a aprovação. Para os alunos do grupo A, isso não ocorre, o que vêm a justificar o seu valor zero apresentado na Tabela 11.

Neste estudo de caso analisou-se o comportamento das notas dos alunos nas disciplinas cursadas nos grupos A, B e C, em que a nota de recuperação identifica o esforço associado ao desempenho acadêmico do aluno.

O desempenho excelente representa esforço zero, como apresenta a Tabela 11, para os alunos do grupo A.

Como apresentado na Tabela 11, os dados mostram a necessidade de se ter uma maior atenção para os grupos B e C, para entender quais são as dificuldades encontradas pelos alunos, procurando prover melhorias referentes às avaliações e disciplinas de apoios necessárias.

A contribuição de maior destaque deste estudo foi o resultado positivo obtido no uso do sistema para a avaliação do comportamento das notas dos alunos no período analisado, a qual apresenta os esforços realizados pelos alunos para a obtenção da nota final de aprovação.

4.3 Estudo de caso 2

Neste estudo de caso, foram selecionados todos os alunos que concluíram o curso nas Engenharias, a fim de gerar modelos de referência a ser usado no prognóstico do futuro desempenho dos alunos iniciantes. Isso permite identificar precocemente o desempenho daqueles alunos que estão em processo de formação. Dessa forma, será possível identificar medidas que promovam a melhoria das notas desses alunos. Segundo a Tabela 13, tem-se o total de 4.569 alunos formados.

Tabela 13: Lista de Formados por Ano.

Ano Ingresso	Quantidade Alunos Formados
2000	620
2001	643
2002	714
2003	657
2004	622
2005	574
2006	509
2007	290
2008	25
2009	5
Total de Alunos	4659

Fonte: Autor

Por meio das informações listadas na Tabela 13, referente aos alunos que já se formaram, deu-se início à criação do grupo de estudo. Esse grupo é criado no sistema com o objetivo de se terem as referências de modelos dos formados para serem utilizadas na identificação do comportamento das notas dos alunos que irão se formar. Conforme apresenta a Figura 35, é criado o grupo de estudo com o nome de “Todas as Engenharias - Somente Formados”. Neste estudo são utilizadas as disciplinas do ciclo básico “MAT2457 - Álgebra Linear I” e “MAC2166 - Introdução à Computação”.

Figura 35: Interação com o sistema para gerar o estudo de caso.

Fonte: Autor

Neste passo, são escolhidos os alunos que fizeram o curso e já se formaram, as disciplinas do ciclo básico selecionadas, “MAT2457 - Álgebra Linear I” e “MAC2166 - Introdução à Computação”, e, na sequência, será acionado o sistema. Serão gerados os grupos A, B e C, para serem estudados, conforme apresentado na Figura 35.

As disciplinas selecionadas do ciclo básico são aquelas que provocam o maior impacto nos próximos ciclos a serem cursados. Essa escolha dos alunos formados, conforme apresentado na Figura 36, identifica os alunos separados por grupo de estudo A, B e C para serem analisadas as notas desses alunos.

Figura 36: Grupos A, B e C gerados para o estudo de caso.

Lista de Classificação do Grupo ABC

Tipo de Grupo de Estudo Classificado: Todas as Engenharias - Somente Formados

Total de alunos : 4722

idgrupo	grupo	codcur	codhab	codalu	anofimvin	anoing	qtdeNotas	idTbTipoEstudo	an
4785920	A	3021	100	2939381	2005	2000	2	21	200
4785921	A	3021	100	3060262	2008	2000	2	21	200
4785922	A	3021	100	3060557	2009	2000	2	21	200
4785923	A	3021	100	3065059	2004	2000	2	21	200
4785924	A	3021	100	3065188	2007	2000	2	21	200
4785925	A	3021	100	3066082	2007	2000	2	21	200
4785926	A	3021	100	3066232	2004	2000	2	21	200
4785927	A	3021	100	3066252	2005	2000	2	21	200
4785928	A	3021	100	3066381	2004	2000	2	21	200
4785929	A	3021	100	3066722	2005	2000	2	21	200
4785930	A	3021	100	3067069	2004	2000	2	21	200
4785931	A	3021	100	3067083	2004	2000	2	21	200
4785932	A	3021	100	3067295	2005	2000	2	21	200
4785933	A	3021	100	3067341	2007	2000	2	21	200

Fonte: Autor

Com o resultado da montagem do grupo de estudo A, B e C, conforme apresenta Figura 36, pode se observar a quantidade de alunos que cursaram as disciplinas, que foram 4.722 alunos.

O curso, neste ano de 2016, segue a grade curricular do Núcleo Comum, na qual se contemplam cinco disciplinas no primeiro semestre do ano de ingresso do aluno na Escola Politécnica, a qual contém as disciplinas “MAC2166 - Introdução à Computação”-“MAT2457 - Álgebra Linear I”. Cada curso estabelece certo número de créditos/aula (CA) que deve ser realizado em cada semestre. Esse número é, no máximo, de 28 créditos/aula (cerca de sete disciplinas) no primeiro semestre e vai se reduzindo nos últimos anos do curso, conforme Figura 37.

Figura 37: Disciplinas do Núcleo Comum no 1º ano da EC3 Poli-USP - 2014 (São Paulo e Santos)

Disciplinas do Núcleo Comum do 1º ano da EC3 Poli-USP – 2014 - (São Paulo e Santos)					
1º Semestre Ideal		CA	CT	CH	Site da Disciplina
4323101	Física I	3	0	45	http://disciplinas.stoa.usp.br/course/view.php?id=2658
MAC2166	Introdução à Computação	4	0	60	http://grauna.ime.usp.br/
MAT2453	Cálculo Diferencial e Integral I	6	0	90	http://www.ime.usp.br/mat/2453-2013/
MAT2457	Álgebra Linear I	4	0	60	http://www.ime.usp.br/mat/2457/
PCC3100	Geometria e Representação Gráfica	3	1	75	http://moodle.pcc.usp.br/
Subtotal:		20	1	330	
2º Semestre Ideal		CA	CT	CH	Site da Disciplina
4320196	Física II	2	0	30	http://moodle.stoa.usp.br/course/view.php?id=722
MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral I - Requisito					
4323101 - Física I - Requisito					
MAT2454	Cálculo Diferencial e Integral II	4	0	60	http://www.ime.usp.br/mat/2454-2014/
MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral I - Requisito					
MAT2458	Álgebra Linear II	4	0	60	http://www.ime.usp.br/mat/2458/
MAT2457 - Álgebra Linear I - Requisito					
PME3100	Mecânica I	6	0	90	http://sites.poli.usp.br/d/pme3100/
MAT2453 - Cálculo Diferencial e Integral I - Requisito					
MAT2457 - Álgebra Linear - Requisito					
Subtotal:		16	1	240	
CA: crédito-aula					
CT: crédito-trabalho					
CH: carga horária					
Atenção: Verificar na grade horária de seu curso as informações sobre as disciplinas restantes, não listadas na tabela acima					

Fonte: Poli-USP – 2014

Para o próximo passo, são gerados modelos de comportamentos das notas, que serão utilizados para comparação com as notas dos alunos que estão em processo de formação, conforme apresentado na Figura 38. Assim, pode-se observar em (A) que foram gerados todos os modelos referentes aos alunos, sabendo-se que existem alunos que cursaram essas disciplinas mais de uma vez, como visto no estudo de caso 1. O sistema ao encontrar esses alunos, com as notas referidas das disciplinas, calcula o esforço para obter aprovação ou reprovação, fazendo a contagem sobre estes alunos. Em (B), apresenta-se o total de notas observadas e o total de alunos que estão participando do curso, como apresenta na Figura 38.

Figura 38: Geração dos modelos e identificação dos comportamentos.

Lista de Observação para Estudo do Compartimento

Dados de Entrada para Observar

Lista Estudo p/ Observar: Todas as Engenharias - Somente Formados

	idgrupo	grupo	codcur	codhab	codalu	anofimvin
▶	4785920	A	3021	100	2939381	2005
	4785921	A	3021	100	3060262	2008
	4785922	A	3021	100	3060557	2009
	4785923	A	3021	100	3065059	2004
	4785924	A	3021	100	3065188	2007
	4785925	A	3021	100	3088082	2007

Gerador

Gerar os Modelos

Total de Modelos: 4593

Observar Modelos

Cod. Aluno: 6614089

Grupo: C

Nota: 0

Qtde Notas: 9738

Qtde Alunos: 4593

Total de Observado: 1

Fechar

E0 = 0 E1 = 0 E2 = 0 E3 = 0 E4 = 2 Total = 2
 E0E0 = 0 E0E1 = 0 E0E2 = 0 E0E3 = 0 E0E4 = 0 E0E5 = 0
 E1E0 = 0 E1E1 = 0 E1E2 = 0 E1E3 = 0 E1E4 = 0 E1E5 = 0
 E2E0 = 0 E2E1 = 0 E2E2 = 0 E2E3 = 0 E2E4 = 0 E2E5 = 0
 E3E0 = 0 E3E1 = 0 E3E2 = 0 E3E3 = 0 E3E4 = 0 E3E5 = 0
 E4E0 = 0 E4E1 = 0 E4E2 = 0 E4E3 = 0 E4E4 = 2 E4E5 = 2
 E0 = 0 E1 = 0 E2 = 0 E3 = 0 E4 = 2 Total = 2
 E0E0 = 0 E0E1 = 0 E0E2 = 0 E0E3 = 0 E0E4 = 0 E0E5 = 0
 E1E0 = 0 E1E1 = 0 E1E2 = 0 E1E3 = 0 E1E4 = 0 E1E5 = 0
 E2E0 = 0 E2E1 = 0 E2E2 = 0 E2E3 = 0 E2E4 = 0 E2E5 = 0
 E3E0 = 0 E3E1 = 0 E3E2 = 0 E3E3 = 0 E3E4 = 0 E3E5 = 0
 E4E0 = 0 E4E1 = 0 E4E2 = 0 E4E3 = 0 E4E4 = 2 E4E5 = 2

Fonte: Autor

Como apresentado na Figura 38, foram geradas as matrizes de comportamento das notas de 4.593 alunos que cursaram essas disciplinas. Tais matrizes foram armazenadas na base de dados para serem utilizadas como referência com os alunos que estão em processo de formação.

Para se a criar o grupo com os alunos que estão em processo de formação, é realizada a criação do grupo de alunos que irão se formar, como apresenta a Figura 39. A criação desse grupo de estudo com as mesmas disciplinas do ciclo básico servirá para realizar a comparação com o grupo de alunos formados. Após a criação do grupo de estudo, foi gerada a separação dos grupos A, B e C.

Figura 39: Criação do grupo de estudo dos alunos que estão em processo de formação.

Obter Notas de Classificação dos Alunos

Dados
 Grupo de Estudo: Todas as Engenharias - Em Formação Formados
 Adicionar Grupo Remover Grupo

Dados para Estudos
 Identificação do Curso: 0-Todas os Cursos Cursados
 Tipo de Encerramento: Não encerraram o curso
 Ano Turmas: Todas Por Turma
 Pesquisa: Buscar

Disciplinas
☐ Selecciona Todas
 Adicionar na Lista

Total Disc. = 1568

Sequencia de Estudo de Caso
 MAC2166 - Introdução à Computação
 MAT2457 - Álgebra Linear I
 Subir Descer Retirar Salvar

Total Disc. = 2
 Todos Alunos por Grupo A, B e C :
 Gerar Grupo ABC de Estudo

Fonte: Autor

Após a classificação dos alunos por grupo A, B e C, passa-se para a próxima etapa, que é identificar o esforço realizado nesse estudo de caso, conforme apresenta a Figura 40.

Figura 40: Aplicação do Agente de Avaliação para identificação do esforço.

Lista de Observação para Estudo do Compartimento

Dados de Entrada para Observar
 Lista Estudo p/ Observar: Todas as Engenharias - Em Formação Formados

idgrupo	grupo	codcur	codhab	codalu	anofimvin
4820488	A	3021	100	34227	0
4820489	A	3021	100	3483428	0
4820490	A	3021	100	3483782	0
4820491	A	3021	100	3501282	0
4820492	A	3021	100	3507449	0
4820493	A	3021	100	3952644	0

Fechar

Gerador
 Gerar os Modelos
 Total de Modelos: 3011
 Observar Modelos
 Cod. Aluno
 Grupo
 Nota
 Qtde Notas: 6912
 Qtde Alunos: 3011
 Total de Observado: 1

Fonte: Autor

Com a identificação dos esforços dos alunos, por meio do comportamento das notas por aluno, tal informação será utilizada para identificar, por meio da matriz gerada de comportamento, fazendo o comparativo do esforço realizado do aluno em formação em relação ao que já está formado.

Essa informação também permitirá identificar com qual modelo gerado pelos alunos formados esses alunos se aproximam. Como apresenta a Figura 41, procurou-se identificar os modelos de alunos com 100%, de 90% a 100% e os comportamentos não encontrados. Quando se faz a busca por modelos de comportamentos existentes e aquele modelo não é encontrado, significa que o sistema deverá realizar a inclusão desse novo modelo e passar a acompanhar todo o seu desenvolvimento ao longo do tempo. Nesse estudo de caso, de acordo com sua proposta, somente validou a busca por modelos existentes.

Figura 41: Procura de modelos que são compatíveis com os que estão em formação.

Fonte: Autor

Ao finalizar, o sistema gerou resultados para o estudo de caso, conforme apresentada na Figura 41, assim, nota-se que foram encontrados: 4 modelos, os quais o esforço/custo do aluno se assemelha ao existente; 3004 modelos de alunos, que estão entre 90% a 100%; e 3 modelos de alunos não encontrados. Isso permite adotar ações que já foram utilizadas em outros alunos, vindo a melhorar o resultado final.

4.4 Estudo de caso 3

Neste estudo de caso, pretende-se identificar os estados em que os alunos passam com frequência, com o objetivo de identificar se o estado visitado é o mais esperado. Para este estudo foram selecionadas as disciplinas “PSI2211 - Circuitos Elétricos I” e “PSI2212 - Circuitos Elétricos II”, pertencentes ao curso de Engenharia – Circuitos Elétricos. Esta proposta de estudo de caso tem como base os alunos participantes do curso, desde 2000 a 2014.

Nessa primeira etapa, para o curso de “Engenharia – Circuitos Elétricos”, foram definidas as disciplinas, como apresenta a Figura 42, para geração dos grupos de estudo A, B e C.

Figura 42: Disciplinas envolvidas para a avaliação Engenharia – Circuitos Eletrônicos.

The screenshot shows a software window titled "Obter Notas de Classificação dos Alunos". It contains several input fields and a list of disciplines. The "Grupo de Estudo" is set to "3031-Engenharia-Circuitos Elétricos". The "Identificação do Curso" is set to "3031-Ciclo Básico- Engenharia Elétrica". The "Tipo de Encerramento" is set to "Todos Alunos Curso/Turma". The "Ano Turmas" is set to "Todas". The "Pesquisa" field is empty. The "Disciplinas" list includes various courses, with "PSI2211 - Circuitos Elétricos I" and "PSI2212 - Circuitos Elétricos II" selected. The "Sequencia de Estudo de Caso" section shows the selected disciplines. The "Total Disc." is 2, and "Todos Alunos por Grupo A, B e C" is 3118. Buttons for "Subir", "Descer", "Retirar", and "Salvar" are on the right.

Fonte: Autor

Após a separação dos grupos A, B e C, por meio do sistema é verificado o esforço de todas as notas dos alunos que cursaram as disciplinas no período, para verificação dos rendimentos das notas obtidas nas disciplinas. O resultado que se apresenta na Figura 42, nas disciplinas selecionadas, identifica um nível muito alto de reprovação dos alunos, em razão do esforço, como representado na Tabela 14. Pode-se afirmar que, no grupo B, observam-se maiores resultados para se atingir o objetivo de aprovação. O grupo C apresenta alto índice de reprovação, não se conseguindo atingir a nota final mínima para ser realizada a segunda prova (recuperação).

Tabela 14: Valores dos esforços por grupo A, B e C.

Total de Esforço Grupo A	Total de Esforço Grupo B	Total de Esforço Grupo C
0	6004	3408

Fonte: Autor

Pela representação gráfica da Figura 43, é possível identificar o esforço realizado pelos alunos nessas disciplinas, pela cor laranja, visto que os alunos do grupo C apresentam um baixo índice de esforço, significando que a reprovação é significativa.

Figura 43: Resultados das Transições de Estados dos Grupos A, B e C.

Fonte: Autor

Pode-se observar que, nos valores obtidos pelo grupo B, representados na Figura 43, o esforço concentra-se no valor 5, chegando, em alguns casos, a ficar inferior; isso significa que os alunos se matriculam na mesma disciplina por várias vezes nesse grupo.

Pode-se representar essa informação graficamente de outra forma para melhor identificar em quais estados os alunos dos grupos B e C se concentram mais, conforme representado pela Figura 44. Podem-se observar no grupo C as maiores dificuldades, nos estados E0 e E1, avaliadas no valor de 63,88%. Nesse grupo, existe a necessidade de ações para melhorar as notas. Para o caso de estudo 1, pode-se observar que o esforço se encontra, mais expressivo no grupo C, mas quando separamos as Engenharias para estudar o caso por disciplina, passa-se a

identificar, neste estudo de caso, que o grupo B possui maior peso. O que pode se entender é que, algumas disciplinas estão tendo influência nesses números de esforços gerados, que foi apresentado no estudo de caso 1.

Figura 44: Resultados dos Estados mais Visitados por Grupos A, B e C.

Fonte: Autor

O sistema tem a capacidade de efetuar uma comparação entre os grupos de estudo A, B e C, nos quais se configura um conjunto de possíveis estados. Para cada estado, pode-se ter uma ação dentro de um conjunto de ações possíveis, e receber um valor de esforço cada vez que ocorrer uma mudança de estado. O objetivo do sistema foi o de analisar e aprender. Uma vez configurado o sistema foi aplicado no banco de dados notas para efetuar este estudo de caso, analisando os grupos no curso de Engenharia – Circuitos Elétricos para as disciplinas: “PSI2211- Circuitos Elétricos I” e “PSI2212 – Circuitos Elétricos II”.

Figura 45: Comportamento das notas dos alunos na cadeia de MARKOV dos grupos A, B e C.

Fonte: Autor

Com o resultado obtido pelo sistema da movimentação do comportamento das notas dos alunos nas disciplinas no período de 2000 a 2015, conforme apresentado na Figura 45, nos estados E1 e E2, é notório que no estado E1, 6,5% dos alunos conseguem obter a nota de recuperação de aprovação ou reprovação, e 0,1% dos alunos, já obtiveram a nota de recuperação de aprovação. No estado E2, 0,3% obtiveram a nota de recuperação de reprovação e 0,7%, obtiveram a nota de recuperação de aprovação. Como isso é possível notar o esforço do aluno para recuperar da nota final.

4.5 Estudo de caso 4

Neste estudo de caso, estuda-se o comportamento específico das notas dos alunos na disciplina “PSI2211 - Circuitos Elétricos I”, pertencente ao ciclo básico do curso Engenharia – Circuitos Elétricos, como apresentado na Figura 46.

Figura 46: Disciplina envolvida na avaliação Engenharia – Circuitos Eletrônicos.

Obter Notas de Classificacao dos Alunos

Dados

Grupo de Estudo: 3031-Engenharia-Circuitos Elétricos-PSI2211

Adicionar Grupo Remover Grupo

Dados para Estudos

Identificação do Curso: 3031-Ciclo Básico- Engenharia Elétrica

Tipo de Encerramento: Todos Alunos Curso/Turma

Ano Turmas: Todas

Pesquisa: Buscar

Disciplinas

Seleciona Todas

Adicionar na Lista

Total Disc. = 31

Sequencia de Estudo de Caso

PSI2211 - Circuitos Elétricos I

Subir

Descer

Retrar

Salvar

Total Disc. = 1

Todos Alunos por Grupo A, B e C :3019

Gerar Grupo ABC de Estudo

Fonte: Autor

Após a identificação da disciplina, é realizada a classificação dos grupos A, B e C, que serão utilizados pelo sistema para realização da identificação do comportamento das notas dos alunos. Este estudo considera as notas dos alunos do período de 2000 a 2015 do curso de Engenharia-Circuitos Elétricos. A partir dos grupos A, B e C, classificados com as notas dos alunos que cursaram essa disciplina, serão agora gerados modelos de comportamento, como apresenta a Figura 47.

Figura 47: Geração dos modelos por aluno de análise do comportamento por grupo A, B e C.

Fonte: Autor

O sistema realiza as observações e armazena-as em base de dados, com todo o comportamento encontrado, e gera uma matriz de probabilidade da transição, como se observa na Figura 47. Os valores gerados são apresentados em relatórios para serem analisados conforme a Tabela 15. Os resultados apresentam os esforços nos grupos B e C, na tentativa de obterem a nota de aprovação. O grupo B apresenta um valor de esforço realizado bem alto, significando que existe uma concentração muito expressiva nesse grupo; assim significa também a necessidade de apoio por meio de materiais ou até disciplinas adicionais para ajudar o aluno.

Tabela 15: Valores dos esforços por grupo A, B e C.

Total de Esforço do Grupo A	Total de Esforço do Grupo B	Total de Esforço do Grupo C
0	3973	976

Fonte: Autor

A Tabela 15, e a apresentação gráfica da Figura 49, apresentam o esforço do aluno na tentativa de obter a nota de aprovação. Como pode se verificar pelos gráficos dos grupos B e C, conforme apresentado na Figura 49, identifica-se que o índice de recuperação está abaixo de 5, poucos os

alunos do grupo B conseguem recuperar o valor da nota final, o que se pode observar pelo gráfico da Figura 49, o qual mostra o valor de esforço acima de 5.

Quando o valor de esforço obtido está acima de 5, tal fato caracteriza que houve uma melhora significativa; já quando isso não ocorre, no caso em que o aluno se manteve no mesmo estado, ou ainda quando o valor de esforço foi igual a 5, ou mesmo quando, o esforço foi abaixo de 5, não se conseguiu obter a nota esperada, como apresenta a Figura 49.

Figura 48: Gráfico de esforço das notas dos Grupos A, B e C.

Fontes: Autor

Com esses resultados, é possível identificar que os alunos dos grupos B e C necessitam de uma investigação, porque podem ser que eles estejam necessitando de apoio de matérias ou de aulas adicionais para poderem obter o resultado desejado.

4.6 Estudo de caso 5

Para este estudo de caso foram selecionadas as notas dos alunos matriculados na disciplina “PSI3212 - Laboratório de Circuitos Elétricos”, somente do ano que teve início de sua vigência, em 2015, no curso Engenharia-Circuitos Elétricos. A escolha dessa disciplina se justifica pela existência do elevado índice de reprovação que ocorre na disciplina “PSI2211 - Circuitos Elétricos I”, como apresentado no estudo de caso 4.

Este estudo de caso foi realizado para a identificação do comportamento das notas dos alunos em relação à disciplina “PSI3212 - Laboratório de Circuitos Elétricos”. Essa disciplina é preparatória para disciplinas subsequentes. Para a montagem do estudo, foram selecionados a disciplina, o curso e os alunos envolvidos, como apresenta a Figura 49.

Figura 49: Disciplina envolvida na avaliação do curso Engenharia – Circuitos Elétricos.

The screenshot shows a web-based application window titled "Obter Notas de Classificacao dos Alunos".

Dados Section:

- Grupo de Estudo:** A dropdown menu showing "3031-Engenharia-Circuitos Elétricos-PSI3212". Below it are buttons "Adicionar Grupo" and "Remover Grupo".
- Dados para Estudos:**
 - Identificação do Curso:** A dropdown menu showing "3031-Ciclo Basico- Engenharia Elétrica".
 - Tipo de Encerramento:** A dropdown menu showing "Todos Alunos Curso/Turma".
 - Ano Turmas:** A dropdown menu showing "Todas". There is also a checkbox "Por Turma".
 - Pesquisa:** A text input field with a "Buscar" button.
 - Disciplinas:** A list of disciplines with checkboxes. "PSI2212 -Circuitos Elétricos II" is selected. Other visible disciplines include PCC2122, PCS2214, PEA2200, PME2100, PMT2100, PNV2100, PQI2100, PQI2110, PSI2211, PSI2221, PSI2223, and PSI3211.
 - Total Disc. = 31**

Sequencia de Estudo de Caso Section:

- A list box containing "PSI3212 -Laboratório de Circuitos Elétricos".
- Buttons: "Subir", "Descer", "Retirar", and "Salvar".
- Total Disc. = 1**
- Todos Alunos por Grupo A, B e C :3019**
- A button labeled "Gerar Grupo ABC de Estudo".

Fonte: Autor

Na Figura 49 apresenta a escolha da disciplina, o curso e os alunos para o estudo; após, é realizada a classificação por grupos A, B e C. Dessa forma, com os grupos separados, será dado início a avaliação de cada grupo, com o objetivo de identificar o comportamento das notas realizado, como apresenta a Figura 49.

Nessa etapa, o sistema gera os modelos por aluno e, a seguir, gera a matriz de probabilidade de todos os alunos analisados, como apresenta a Figura 50. Os resultados obtidos são armazenados na base para posterior uso em comparações ou em gerações de relatórios.

Figura 50: Resultado da aplicação do algoritmo de MARKOV.

Fonte: Autor

Como apresenta a Figura 51, pode-se observar o resultado obtido, o comportamento das notas dos alunos em relação ao estudo de caso 4, onde ocorreu uma melhora significativa. No caso anterior, tem-se o gráfico com notável concentração no estado E1; já nesse estudo de caso, os alunos se mostram mais habilitados no grupo C. Com essa disciplina, os resultados passam a atingir o objetivo, que é a aprovação.

Figura 51: Visão geral da Cadeia de MARKOV obtida nos grupos A, B e C.

Fonte: Autor

A Figura 51 apresenta a visão geral dos grupos A, B e C da movimentação das notas dos alunos para os estados E2 e E3, significando que o índice de aprovação aumentou o que representa um apoio para ajudar o aluno a atingir o seu objetivo, que é a aprovação.

Para identificar essa quantidade de alunos, pode-se também ter uma visão gráfica do resultado obtido por eles. No gráfico da Figura 52 é possível verificar o esforço que os alunos tiveram nessa disciplina e seus efeitos em relação aos grupos A, B e C. A apresentação da Tabela 16 a seguir, demonstra esses resultados ocorridos. Apenas o grupo B apresenta um valor de esforço dos alunos na tentativa de obter a nota de aprovação. Na apresentação gráfica da Figura 52, pode-se ver todos os alunos que realizaram a segunda prova (recuperação) e conseguiram obter resultados iguais ou melhores.

Tabela 16: Valores dos esforços por grupo A, B e C na Disciplina PSI3212.

Total de Esforço do Grupo A	Total de Esforço do Grupo B	Total de Esforço do Grupo C
0	103	0

Fonte: Autor

A Figura 52 acentua um número menor de avaliações para facilitar a observação dos resultados obtidos.

Figura 52: Análise do esforço por grupo A, B e C.

Fonte: Autor

A inserção da disciplina “PSI3212 – Laboratório de Circuitos Elétricos”, como tentativa preparatória de outras disciplinas relacionadas, tem-se que o resultado da inclusão desta disciplina foi muito bom, como apresentada na Figura 52, o grupo B apresenta o esforço com valores superiores 5, indicando que os alunos conseguiram a sua aprovação, já no grupo C, o número de alunos que não conseguem entender o conteúdo ficou bem visível. Isso deixa claro que a introdução desta disciplina não só ajudou, mas também não resolveu todo o problema.

Nota-se que existe um número menor no grupo C, e o resultado nesse grupo identifica que existem alunos que não conseguiram a nota final mínima para a realização da segunda prova (recuperação), uma vez que todas as notas estão abaixo de 3.

Neste estudo de caso, não são identificados os motivos pelos quais os alunos do grupo C apresentam dificuldades para obter a nota de aprovação e também não se identificam a turma e o

professor. Este estudo apenas valida a usabilidade do sistema com o objetivo de apresentar o comportamento das notas dos alunos que estão ocorrendo no ambiente educacional para o qual foi norteada a proposta deste trabalho.

4.7 Conclusão dos estudos de caso

O sistema identificou as informações que são as notas dos alunos obtidas do período de 2000 a 2015. Por meio da classificação separaram-se as informações em 3 grupos de estudo A (baixo risco), B (risco médio) e C (risco alto), para, a partir deles, realizar-se a criação dos modelos de avaliação. Com os grupos prontos, foram geradas matrizes de estado em cada grupo, por meio das quais foi possível obter a análise dos resultados, de acordo com o comportamento das notas dos alunos nas diversas disciplinas dos cursos oferecidos.

Esse procedimento permitiu encontrar vários comportamentos de notas, a cada ano, que podem ser analisados mais profundamente, avaliando-se os motivos das variações no período em estudo.

Nos estudos de caso, foi analisado o comportamento das notas dos alunos, as quais foram obtidas no período, identificando-se as variações de acordo com as disciplinas. Também foram observadas as notas finais obtidas, sem recuperação e com recuperação; a nota final obtida na recuperação identifica o esforço do aluno para conseguir aprovação na disciplina. Com a utilização do sistema de avaliação com algoritmo, que executa processos Markovianos, foi possível avaliar o comportamento das notas desses alunos durante todo o período de realização do curso até sua formatura.

O estudo de caso 1, com as notas do período entre 2000 e 2010, permitiu, por meio dos resultados, uma análise dos comportamentos das notas dos alunos e as dificuldades encontradas na evolução do aluno, notadamente no grupo C. O modelo oculto de Markov e os processos Markovianos permitiram identificar esse esforço que os alunos vêm enfrentando para a obtenção da nota de aprovação.

A matriz de probabilidades de transição de um determinado estado para outro é calculada utilizando-se $p_{ij}(a)$, o que indicam quais foram os estados mais utilizados e também permite entender o comportamento das notas dos alunos em uma disciplina. Com as observações obtidas pelos resultados dos modelos ocultos de Markov, nos estudos de casos apresentados neste trabalho, foi possível também gerar relatórios com informações quantitativas das notas obtidas na análise pelo sistema. Tais observações também permitiram fazer descobertas dos esforços dos alunos na tentativa de obter a nota de aprovação, e, ainda, gerar os modelos dos comportamentos das notas dos alunos dos grupos A, B e C.

O estudo de caso 2, o sistema realizou um aprendizado do comportamento das notas de todos os alunos que concluíram o curso nas Engenharias, a fim de gerar modelos de referência a ser usado no prognóstico do futuro desempenho dos alunos iniciantes. Essas informações foram utilizadas para procurar alunos que estão em processo de formação, os quais se encontraram quatro casos de alunos que tinham o mesmo o comportamento. Pode-se, com isso, identificar a utilização de sistema de apoio ao Tutor de Ensino, pois diagnosticar comportamentos de notas de alunos e apresentar alunos que possuem comportamentos semelhantes, pode-se vir a apoiar e ajudá-los a melhorar as notas desses alunos.

Para o estudo de caso 3, 4 e 5, pode-se observar a influência das notas de um grupo de disciplinas, ou a disciplina em separado, em relação ao esforço obtido em todos os cursos das Engenharias. Uma disciplina pode influenciar no valor final de esforço, como apresentado no estudo de caso 1, o que é apresentado no grupo C, com o valor de maior expressão. A utilização desse sistema, com o objetivo de apoiar, pode-se identificar disciplinas críticas, por meio de relatórios de fácil interpretação aos professores de Tutor de Ensino.

Com os resultados obtidos foi elaborado o artigo **Avaliação do Comportamento de Alunos no Aprendizado em Cursos de Engenharia** aprovado para ser apresentado no Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia para ser realizado de 27 a 30 de setembro de 2016, em Natal – RN. Além dessa publicação, está em fase final a elaboração de um artigo, para ser submetido ao *International Journal of Engineering Education*, orientado a apresentar o agente de avaliação.

5. CONCLUSÃO

Para o desenvolvimento deste projeto, foram solucionadas várias dificuldades consideradas em sua concepção, pois, ao se estabelecer a utilização do algoritmo de Sondik para a execução de processos Markovianos, notou-se que tal algoritmo apresenta definida toda a sua estrutura de trabalho. A forma de parâmetros de entrada não permite que haja manipulação de valores ou passagem dinâmica, dificultando a integração com outras aplicações. Ao se definir a matriz, as ações e os estados, o algoritmo de Sondik implementado no software “pomdp-solve” não permite a manipulação dos custos a serem definidos por outro sistema. Realizar esta tarefa com os softwares, tais como: MATLAB, possui bibliotecas para seu uso exclusivo; algoritmo de Monte Carlos, não foi possível encontrar as suas definições detalhadas na literatura.

Apesar das dificuldades na primeira etapa de avaliação do algoritmo de Sondik com as adequações de Cassandra, foi possível fazer a sua avaliação no sistema. Esse sistema apresentou lentidão, de 6 a 8 horas de processamento. Para a sua melhora foi realizado a troca de equipamento, passando para uma máquina de processador 2-core para a de 12-core, o qual apresentou o tempo de processamento 16 minutos.

Para a utilização do algoritmo de Sondik no software “pomdp-solve”, que está implementado em linguagem de programação C (KERNIGHAM; RITCHIE, 1986), foi realizado a sua conversão para a linguagem de programação C# (DEITEL, 2011). Com essa reestruturação realizada, foi implementado um módulo, designado como algoritmo de Markov, o qual permitiu a integração, de forma simples, com o padrão de arquitetura adotado e as interações com as telas e com os relatórios.

A implementação desse módulo, seguiram-se as definições apresentadas no capítulo 2. Essas definições permitiram a identificação quais parâmetros seriam passados de forma dinâmica, para que o processamento dos processos Markovianos, sobre o modelo de cadeia oculta de Markov, pudesse ser realizado, pela sequência de notas finais.

Pode-se verificar que foi possível estudar o comportamento das notas dos alunos em várias condições (por disciplina, por turma, por cursos, por semestres, por anos) e obter uma visão geral de todas as notas, e, em cada particularidade, foi possível identificar comportamentos

das notas dos alunos de formas diferentes, o que proporcionou, nos estudos de caso apresentados neste trabalho, várias possibilidades de interpretação e análise de resultados.

A cada estudo de caso, foi realizado o seu armazenamento na base de dados, o que permite que tais dados possam ser utilizados como referência e que possam ser comparados com dados de novos estudos.

Como se trata de modelos ocultos de Markov, essa modalidade necessita de uma base de aprendizado para sua utilização. O volume de dados utilizado foi uma excelente fonte, dos cursos de graduação da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), uma vez permitiu extrair visões de modelos de comportamento das notas alunos, de acordo com os parâmetros fornecidos, para serem trabalhados pelo sistema e também para estudos futuros.

Os resultados obtidos podem ser utilizados no prognóstico de desempenho acadêmico de alunos futuros, bem como no auxílio à identificação de comportamentos de notas dos alunos ainda em formação.

A proposta deste trabalho para analisar o comportamento das notas dos alunos em cursos de ensino superior foi plenamente alcançada, e serve de referência para ser incorporada em qualquer agente de avaliação em ambientes educacionais.

A estratégia de utilizar o comportamento das notas dos alunos associados aos estados E1 e E2, forneceram resultados excepcionais, como apresentado nos estudos de casos documentados. Este trabalho também apresenta informações que merecem serem estudadas para a identificação do comportamento acadêmico dos alunos. Entender o que aconteceu com os alunos pode ser uma forma de oferecer novas alternativas, como, por exemplo, a criação de disciplinas, como mencionado na introdução, ou de uma nova disciplina específica, como apresentado no estudo de caso 5 para reduzir a retenção e/ou evasão.

REFERÊNCIAS

- ABED. CONGRESSO INTERNACIONAL ABED DE EAD (CIED), CIAED CONGRESSO INTERNACIONAL ABED DE EAD, HISTÓRIAS, ANALÍTICAS E PENSAMENTO, 18. “Aberto” – Guias para o Futuro da EAD, 2011. Disponível em: <http://www.abed.org.br/congresso2012/anais/ANAIS_18CIAED_poster.pdf>. Acesso em: junho, 2016.
- BRESSAN, G. M.; MÓDOLO, D. L. Motivação para o ensino de disciplinas básicas nos cursos de engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA – COBENGE, 39. 2011, Blumenal – SC. **Anais...** Blumenal, SC: COBENGE, 2011.
- CASSANDRA, A. R. A survey of POMDP applications. 1998. AAAI FALL SYMPOSIUM ON **PLANNING WITH PARTIALLY OBSERVABLE MARKOV DECISION PROCESSES**, Thesis (PhD). Brown, Brown University, Department of Computer Science, Providence, RI, 1998.
- CASSANDRA, A. R., **POMDP Solver Software**, 2003. Disponível em: <http://www.pomdp.org/code/index.html>. Acesso em julho, 2016.
- CHRISMAN, L., Reinforcement learning with perceptual aliasing: The perceptual distinctions approach. In: NATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE (AAAI-92), 10. San Jose, CA, **Proceedings...** San Jose, CA: AAAI Press, 1992, p. 183–188.
- COSTA, E. et al. Mineração de dados educacionais: conceitos, técnicas, ferramentas e aplicações. In: JORNADA DE ATUALIZAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO (JAIE 2012). Rio de Janeiro - RJ, **Anais...** Universidade Estadual de Campinas - ISSN 2316-7734. 2012, v. 1, p. 1-29.
- DEITEL ,H.M.; DEITEL P. J. **C# Como Programar**. 6ª ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2011
- FOWLER, M.; SCOTT, K. **UML Essencial**. 2ª ed. Porto Alegre, Editora Bookman, 2000.
- FOWLER, MARTIN. **GUI Architectures**, 2006. Disponível em: <http://www.martinfowler.com/eaaDev/uiArchs.html>. Acesso em: julho, 2016.
- FREITAS, K. S, Um panorama geral sobre a história do ensino a distância. In: **Educação à distância no contexto brasileiro**: algumas experiências da UFBA. Araújo, B.; Freitas, K. S. coord. Salvador: ISP/UFBA, 2005. ISBN 85-99674-02-01, p. 56-68.
- GOES, K. C.; CAMARÃO, A. F.; BATALHA, G. F. Educação em engenharia no Brasil competências e recomendações para preparar o engenheiro do futuro. Cursos De Engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA. 37. Recife, PE, **Anais...** Recife, PE: ABENGE, 2009.

- KERNIGHAM, B.W., RITCHIE, D. M. **C: a linguagem de programação**. 8ª ed. Rio de Janeiro, Editora Campus, 1986.
- KOEDINGER, K. R. et al. Intelligent tutoring goes to school in the big city. **International Journal of Artificial Intelligence in Education**, v.8, p. 30-43, 1997.
- HAUSKRECHT, M. **Planning and control in stochastic domains with imperfect information**. Thesis (PhD) - EECS, Massachusetts Institute of Technology, 1997.
- HEUSER, C. A. **Projeto de banco de dados**. 5ª ed. Porto Alegre: Instituto de Informática da UFRGS, 2004.
- JESUS, A. A.; HUAYLLAS, T. D. C.; Fraga, T. M. Análise crítica dos resultados dos indicadores divulgados pelo Enade / Sinaes para Escolas de Engenharia em 2008, Cursos de Engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA, 38. São Paulo, **Anais...** São Paulo: ABENGE, 2008.
- LEE, F. J.; ANDERSON, J. R. Does learning of a complex task have to be complex? A study in learning decomposition. **Cognitive Psychology**, v. 42, p 267-316, 2001.
- LIMA, L. R. et al. Avaliação do desempenho dos alunos de engenharia no projeto de ensino “Matemática Básica”, Cursos de Engenharia. In: Congresso Brasileiro de Engenharia, 38. São Paulo. **Anais...** São Paulo: ABENGE, 2008.
- LUCKESI, C. C. Planejamento e avaliação na escola: articulação e necessária determinação ideológica. **Ideias**, n. 15, 1992.
- MORAN, J.M. **Avaliação do ensino superior a distancia no Brasil**. 2007. Disponível em: <<http://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/avaliacao.pdf>>. Acesso em julho, 2016.
- NIKOVSKI, D. **State-aggregation algorithms for learning probabilistic models for robot control**. Thesis (PhD) - Carnegie Mellon University, 2002.
- PINEAU, J. **Tractable planning under uncertainty: exploiting structure**. Thesis (PhD) - Robotics Institute, Carnegie-Mellon University, 2004.
- POUPART, P. **Exploiting structure to efficiently solve large scale partially observable markov decision processes**. Thesis (PhD) - University of Toronto, 2005.
- PRESSMAN, R. S. **Engenharia de software**. 6ª ed. Porto Alegre, McGraw-Hill, 2006.
- SANTANA, A. C. et al. Diagnóstico do desempenho discente em um curso de engenharia de computação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 39. Blumenau, SC. **Anais...** Blumenau, SC: COBENGE, 2011.

- SHATKAY, H.; KAEHLING, L. P. Learning topological maps with weak local odometric information. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 15. Local. **Proceedings...** - Volume 2 , p. 920–9279. Citeseer, 1997.
- SOARES, E. M. S., LIMA, I. G., & SAUER, L. Z. , **O** processo de avaliação integrando o processo de ensino / aprendizagem por competências na educação em engenharia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 35. Campo Comprido, **Anais...** Campo Comprido: Unicenp/ABENGE, 2007, p 1–9.
- SOARES, J. F., SIQUEIRA, A. L. **Probabilidade de variáveis aleatórias**. São Paulo: Edusp, 2006.
- SOSA, G. M. C. et al, Fatores psicológicos e aprovação nas disciplinas básicas das engenharias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA, 39. Blumenau, SC. **Anais...** Blumenau, SC.: COBENGE, 2011.
- SONDIK, E. J.; SMALLWOOD, R. D. The optimal control of partially observable Markov processes over the infinite horizon. **Operations Research**, v. 26, n. 2, p. 1071–1088, 1973.
- THEOCHAROUS, G.; ROHANIMANESH, K.; MAHADEVAN, S. Learning hierarchical partially observable Markov decision process models for robot navigation, IEEE **Conference Publications**, DOI: 10.1109/ROBOT.2001.932601.

ANEXO

ANEXO I

Neste anexo, trata-se da descrição dos atributos do Diagrama Relacional (ER) do mapeamento dos atributos, fornecidos pela secretaria de graduação da EPUSP, que serão utilizados na modelagem relacional (ER) do sistema, conforme apresenta as Tabelas 17 e 18.

Tabela 17: Descrição das informações dos atributos dos alunos.

Descrição dos Metadados encontrados nos arquivos da Poli	
Metadado dos alunos	
Colunas Poli (atributos)	Descrição
codalu	Código de matrícula do aluno no curso.
sitatl	Situação atualizada do aluno 'A'tivo ou 'D'esativado.
anoing	Ano de ingresso do aluno (período de 2000 a 2010).
tiping	Tipo de ingresso na POLI (Vestibular, Liminar, Marinha, Transf USP ou etc.).
codcur	Código do curso escolhido.
codhab	Escolha para estar habilitado em uma das áreas do curso de engenharia.
dtafimvin	Data de encerramento do curso de Engenharia na Poli.
coddis (ligação)	Código da disciplina a ser cursada pelo aluno
verdis	Versão da disciplina que cursou.
codtur	Turma onde cursou a disciplina.
notfim	Primeira nota obtida na disciplina cursada.
notfim2	Segunda nota obtida, decorrente da reprovação, de notafim ser inferior a 5.
rstfim	Resultado da nota obtida na disciplina (A=Aprovado,AR=Aprovado c/ Recuperação...)
stamtr	Estado da matrícula do aluno 'M' (Matriculou-se). Obs.: Serão estudados somente alunos matriculados.
tipoencerramento	Tipo de encerramento do curso ou situação atual do aluno (Desistência a pedido, Conclusão, Cancelamento/trancamento 4 semestres, Abandono 3 semestres sem matrícula, Transferência externa, ...).

Fonte: Autor

Tabela 18: Descrição das informações dos atributos das disciplinas.

Descrição dos Metadados encontrados nos arquivos da Poli	
Metadados das disciplinas	
Colunas Poli (atributos)	Descrição
coddis	Código da disciplina a ser cursada pelo aluno
sigla	Sigla utilizada para identificação do código da disciplina. Esse campo se conecta com o metadado 'coddis' do metadado do aluno.
nome	Descrição da disciplina.
ativacao	Data da ativação da disciplina.
desativacao	Data da desativação da disciplina.

Fonte: Autor

ANEXO II

Nesse anexo é definido esquema conceitual de todos os tipos de registros conceituais, isto é, define a totalidade de dados que existirá no SGBD, bem como procedimentos de validação e privilégios de acesso. Nesse nível também deve-se abstrair pormenores de armazenamento, conforme apresenta a Figura 53.

ANEXO III

Este anexo define o esquema físico dos tipos de registro de dados a serem tratados pelo sistema, conforme apresenta a Figura 54.

Figura 54: Esquema Físico.

Fonte: Autor

Na Tabela 19, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbAluno” exibida no diagrama ER.

Tabela 19: Dicionário de dados para a entidade “TbAluno”.

TbAluno			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
codalu	numeric(18, 0)	Chave primária	Código de matrícula do aluno no curso
tiping	int	Chave estrangeira	Tipo de ingresso na POLI (Vestibular, Liminar, Marinha, Transf USP ou etc.).
sitatl	varchar(20)	NULL	Situação atualizada do aluno 'A' ou 'D'
anoing	int	NULL	Ano de ingresso do aluno (período de 2000 a 2015).
stamtr	varchar(20)	NULL	Estado da matrícula do aluno 'M' (Matriculou-se).
tipoencerramento	int	Chave estrangeira	Tipo de encerramento do curso ou situação atual do aluno (Desistência a pedido, Conclusão, Cancelamento trancamento 4 semestres, Abandono 3 semestres sem matrícula, Transferência externa, ...).
dtafimvin	datetime	NULL	Data de encerramento do curso de engenharia na Poli.

Fonte: Autor

Na Tabela 20, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbCurso” exibida no diagrama ER.

Tabela 20: Dicionário de dados para a entidade “TbCurso”.

TbCurso			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
codcur	int	Chave primária	Código do curso escolhido
codhab	int	Chave primária	Escolha para estar habilita em uma das áreas do curso de engenharia
descrição	varchar(255)	NULL	Descrição do curso

Fonte: Autor

Na Tabela 21, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbDisciplina” exibida no diagrama ER.

Tabela 21: Dicionário de dados para a entidade “TdDisciplina”.

TdDisciplina			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
coddiss	char(8)	Chave primária	Código da disciplina que o aluno se inscreveu durante o seu curso
verdis	Int	NULL	Versão da disciplina que cursou
sigla	varchar(255)	NULL	Sigla utilizada para identificação do código da disciplina. Este campo se conecta com o metadado 'coddiss' do metadado do aluno.
nome	varchar(255)	NULL	Descrição da disciplina
ativacao	datetime	NULL	Data da ativação da disciplina.
desativacao	varchar(255)	NULL	Data da desativação da disciplina

Fonte: Autor

Na Tabela 22, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TdEncerramento” exibida no diagrama ER.

Tabela 22: Dicionário de dados para a entidade “TdEncerramento”.

TdEncerramento			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
tipoencerramento	int	Chave primária	chave de controle do encerramento
descricao	varchar(45)	NULL	Descrição do tipo encerramento

Fonte: Autor

Na Tabela 23, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TdGrupoABC” exibida no diagrama ER.

Tabela 23: Dicionário de dados para a entidade “TbGrupoABC”.

TbGrupoABC			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
idgrupo	int	Chave primária	chave de controle do grupo
grupo	char(10)	NULL	grupo de classificação A, B e C
codcur	int	NOT NULL	Código do curso escolhido
codhab	int	NOT NULL	Escolha para estar habilita em uma das áreas do curso de engenharia
codalu	numeric(18, 0)	Chave estrangeira	Código de matricula do aluno no curso
idTbTipoEstudo	int	Chave estrangeira	código do estudo realizado
anofimvin	int	NULL	ano encerramento do curso de engenharia na Poli.
anoing	int	NULL	Ano de ingresso do aluno (período de 2000 a 2015).
qtdeNotas	int	NULL	quantidade de notas obtidas até o momento
anoturma	int	NULL	ano da turma que foi ocorrido

Fonte: Autor

Na Tabela 24, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbHabilitacao” exibida no diagrama ER.

Tabela 24: Dicionário de dados para a entidade “TbHabilitacao”.

TbHabilitacao			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
codalu	numeric(18, 0)	Chave primária	Código de matricula do aluno no curso
codcur	int	Chave primária	Código do curso escolhido
codhab	int	Chave primária	Escolha para estar habilita em uma das áreas do curso de engenharia

Fonte: Autor

Na Tabela 25, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbMatricula” exibida no diagrama ER.

Tabela 25: Dicionário de dados para a entidade “TbMatricula”.

TbMatricula			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
Codcur	int	Chave primária	O código dos cursos oferecidos na Poli é distribuído em 14 habilitações.
Codhab	int	Chave primária	Identifica a área específica do curso de Engenharia e também indicam quando cursa as disciplinas de engenharia que são comuns a todas as habilitações. Quando o valor 0 (zero), núcleo comum de disciplinas a todas as engenharias e quando diferente, área de específica.
codtur	int	Chave primária	Turma onde cursou a disciplina
codalu	numeric(18, 0)	Chave primária	Código de matricula do aluno no curso

Fonte: Autor

Na Tabela 26, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbModeloAluno” exibida no diagrama ER.

Tabela 26: Dicionário de dados para a entidade “TbModeloAluno”.

TbModeloAluno			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
idTbCompartamentoAluno	int	Chave primária	Chave de controle de comportamento
Codalu	numeric(18, 0)	Chave estrangeira	Código de matricula do aluno no curso
idTbTipoEstudo	int	Chave estrangeira	Código do estudo realizado
posicaoMatriz	varchar(20)	NULL	Ultima posição da matriz gerada
Matriz	varchar(255)	NULL	Matriz de probabilidade gerada por aluno
esforço	float	NULL	Valor do esforço obtido pela somatória dos descolamentos realizados entre os estados.

Fonte: Autor

Na Tabela 27, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbNota” exibida no diagrama ER.

Tabela 27: Dicionário de dados para a entidade “TbNota”.

TbNota			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
idTbNota	int	Chave primária	Chave de controle sequencial da nota
codcur	int	Chave estrangeira	Código do curso escolhido
codhab	int	Chave estrangeira	Escolha para estar habilita em uma das áreas do curso de Engenharia
codtur	int	Chave estrangeira	Turma onde cursou a disciplina
codalu	numeric(18, 0)	Chave estrangeira	Código de matrícula do aluno no curso
rstfim	char(20)	NOT NULL	Resultado da nota obtida na disciplina (A=Aprovado, AR=Aprovado c/ Recuperação...)
coddisc	char(8)	NOT NULL	Código da disciplina que o aluno se inscreveu durante o seu curso
notfim	Float	NULL	Primeira nota média obtida na disciplina cursada. Caso o aluno obtenha a nota media entre 4,9 a 3,0 e frequência mínima de 70%, realizará uma nova avaliação nessa disciplina.
notfim2	Float	NULL	Segunda nota média obtida, Isso é decorrente da notafim ter sido inferior a 5. Caso o aluno não obtenha a nota média inferior a 3,0, ou seja, é reprovado e terá que cursar além dos cinco anos esperados.

Fonte: Autor

Na Tabela 28, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbObservado” exibida no diagrama ER.

Tabela 28: Dicionário de dados para a entidade “TbObservado”.

TbObservado			
Campo	Tipo	Restrições	
idTbObservado	int	Chave primária	chave de controle da observação
idTbTipoEstudo	int	Chave estrangeira	código de estudo realizado
matrizPOMDP	varchar(255)	NULL	Matriz gerada de POMDP
qtdeNotas	int	NULL	Quantidade notas obtidas

Fonte: Autor

Na Tabela 29, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbStatusDisciplina” exibida no diagrama ER.

Tabela 29: Dicionário de dados para a entidade “TbStatusDisciplina”.

TbStatusDisciplina			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
rstfim	char(20)	Chave primária	Resultado da nota obtida na disciplina (A=Aprovado ,AR=Aprovado c/ Recuperação...)
descricao	varchar(40)	NULL	Descrição do tipo de status

Fonte: Autor

Na Tabela 30, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbTipoEstudo” exibida no diagrama ER.

Tabela 30: Dicionário de dados para a entidade “TbTipoEstudo”.

TbTipoEstudo			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
idTbTipoEstudo	int	Chave primária	chave de controle do estudo
descrição	varchar(255)	NULL	Descrição do tipo de estudo
dataEstudo	datetime	NULL	Data de geração do estudo
listaDisciplinas	varchar(max)	NULL	lista de disciplina ou ano a ser estudado
modalidade	int	NULL	tipo de formato de estudo, disciplina , turma ou ano

Fonte: Autor

Na Tabela 31, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbTipoIngresso” exibida no diagrama ER.

Tabela 31: Dicionário de dados para a entidade “TbTipoIngresso”.

TbTipoIngresso			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
tiping	int	Chave primária	Tipo de ingresso na POLI (Vestibular, Liminar, Marinha, Transf USP ou etc.).
descrição	varchar(45)	NULL	Descrição do tipo de ingresso

Fonte: Autor

Na Tabela 32, podemos observar a descrição dos atributos, bem como o tipo e as restrições da entidade “TbTurma” exibida no diagrama ER.

Tabela 32: Dicionário de dados para a entidade “TbTurma”.

TbTurma			
Campo	Tipo	Restrições	Descrição do campo
Codtur	int	Chave primária	Código da turma
anoturma	int	NULL	Ano que curso na turma
descrição	varchar(45)	NULL	Descrição da turma

Fonte: Autor