

Análise da Evasão e do Impacto da Retenção Estudantil no Ensino Superior com Cadeias de Markov Absorventes

Juliana F. dos Santos¹, José Diogo A. de Sousa¹,
Rafael Ferreira Mello¹, Cláudio T. Cristino², Gabriel Alves¹

¹Programa de Pós-Graduação em Informática Aplicada (PPGIA)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

²Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada (PPGBEA)
Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)

{julifs.13, diogosousa36}@gmail.com,

{rafael.mello, claudio.cristino, gabriel.alves}@ufrpe.br

Abstract. *Dropout and retention are recurring problems in undergraduate courses, which can harm universities. Survival analysis allows finding solutions to solve these problems in advance, by verifying the influence of events, such as dropout, graduation and student bond, according to the time and probability of occurrence. This work aims to analyze dropout and the impact of retention in higher education, through an absorbing Markov Chain model to perform the survival analysis of students throughout undergraduate courses. In this work, undergraduate courses in the areas of agriculture, computing and health at a Brazilian public university were analyzed, where the difference in the behavior of dropout between the courses was identified. The analyzes also showed how the semester in which the student was retained influences the dropout and graduation.*

Resumo. *A evasão e a retenção são problemas recorrentes em cursos de graduação, que podem trazer prejuízos às universidades. A análise de sobrevivência permite buscar soluções para resolver esses problemas com antecedência, através da verificação da influência de eventos, como a evasão, conclusão e vínculo estudantil, de acordo com o tempo e a probabilidade de ocorrência. Este trabalho tem como objetivo analisar a evasão e o impacto da retenção no ensino superior, através de um modelo de Cadeia de Markov absorvente para realizar a análise de sobrevivência dos estudantes ao longo de cursos de graduação. Neste trabalho, foram analisados cursos de graduação das áreas de agrárias, computação e saúde de uma universidade pública brasileira, onde foi identificada a diferença no comportamento da evasão entre os cursos. As análises realizadas também mostraram como o semestre em que o estudante ficou retido influencia na evasão e conclusão.*

1. Introdução

A evasão estudantil é um fenômeno muito estudado na literatura, ela pode ser definida como a interrupção do progresso acadêmico do estudante [Xavier and Meneses 2020]. Este fenômeno pode atingir tanto as Instituições de Ensino Superior (IES) públicas, resultando na ociosidade de recursos, como as IES privadas, implicando em perda de receita

[Da Silva and Santos 2017]. Em relação ao tipo de evasão, ela pode ser relacionada a um único curso, a uma instituição ou mesmo ao sistema de ensino. Neste trabalho, observamos a evasão sob a ótica do curso.

O estudo da evasão está presente em diversos trabalhos quantitativos e qualitativos [Da Silva and Santos 2017, Saccaro et al. 2019, Campos 2016]. Suas causas envolvem aspectos multifatoriais, como problemas pessoais, financeiros ou mesmo problemas relacionados ao curso, como a sua estrutura curricular ou falta de infraestrutura. Neste trabalho, a análise da evasão ocorre de forma quantitativa, não sendo o objetivo investigar as suas causas.

As Cadeias de Markov são utilizadas para representar o sistema através de um modelo estocástico a partir do qual podem ser realizados experimentos e aferir métricas probabilísticas [Sheskin 2016]. No caso de Cadeias de Markov absorventes, é possível aferir métricas como o tempo médio até que um evento ocorra, ou a probabilidade do sistema estar em um determinado estado s em um tempo t . A modelagem por Cadeia de Markov é útil para modelar o progresso acadêmico pois descreve sistemas onde a probabilidade do próximo estado depende do estado atual, de modo similar ao representar os semestres necessários para a conclusão de um curso.

A análise de sobrevivência é uma estatística não paramétrica usada para estimar a função de sobrevivência a partir de dados de eventos. Essa análise permite avaliar o tempo até a ocorrência de eventos, como a evasão e a conclusão do estudante, observando a probabilidade e duração média até o evento [Kleinbaum and Mitchel 2010]. Isso auxilia na observação de características que influenciam na probabilidade de acordo com o tempo.

Neste contexto, este trabalho propõe um modelo estocástico capaz de representar o progresso dos estudantes de um curso ao longo de semestres. O modelo de Cadeia de Markov absorvente permite representar o momento em que o estudante passa a ser considerado “retido”, passando a ter uma maior probabilidade de evasão. Este modelo permite aferir métricas como o tempo e a probabilidade de um estudante evadir ou concluir um curso, podendo através de análise de sobrevivência e testes de hipóteses comparar o comportamento de dois ou mais cursos. Além de verificar como o semestre em que o estudante fica retido influencia na evasão e conclusão.

Para avaliar o modelo proposto, foram realizadas análises em três cursos de graduação de diferentes áreas de uma instituição de ensino superior pública. Os resultados apresentam uma diferença no comportamento da evasão dos quatro primeiros semestres dos cursos analisados, onde foi identificado que o curso de agrárias, entre os cursos analisados, é o que apresenta maior evasão nos quatro primeiros semestres de curso. Também foi realizada uma análise observando a evasão, conclusão e desvinculação por semestre em que o estudante se tornou retido. Foi identificada uma diferença de comportamento principalmente entre os estudantes não retidos e retidos, independente do semestre.

2. Trabalhos Relacionados

A análise do comportamento de eventos é muito estudada na literatura, onde o uso de técnicas de análise de desempenho pode ser aplicado em diversos contextos, como pode ser observado nos estudos disponíveis nos anais do WPerformance [Santos et al. 2021, Carvalho et al. 2021]. O uso de técnicas de modela-

gem [Araújo 2019, Boumi and Vela 2020, Brezavšček et al. 2017], análise de sobrevivência [Campos 2016, Saccaro et al. 2019, Costa et al. 2018], mineração de dados [Carrano et al. 2019, Rigo et al. 2014, Manhães et al. 2012] e aprendizagem de máquina [Beltran et al. 2019, De Almeida Teodoro and Kappel 2020], permitem analisar fatores que influenciam na retenção, evasão, conclusão e vínculo estudantil.

Técnicas de mineração de dados podem ser aplicadas para aferir indicadores e características que contribuem no entendimento da evasão [Carrano et al. 2019, Rigo et al. 2014, Manhães et al. 2012]. Alguns algoritmos de aprendizado de máquina, como o Random Forest, SVM e o KNN, são bastante utilizados com o objetivo de monitorar o risco de evasão dos estudantes [Beltran et al. 2019, De Almeida Teodoro and Kappel 2020, De Brito et al. 2020]. Esses algoritmos podem analisar a importância de atributos para identificar os mais relevantes e prever a probabilidade de evasão dos estudantes. Os resultados apontam um desempenho entre 60% e 95% na predição de estudantes em risco de evasão.

O trabalho [Alawadhi and Konsowa 2010] utiliza um modelo de Cadeia de Markov para estimar o desempenho e evasão dos estudantes. Nele é produzido um comparativo entre diferentes áreas de conhecimento de uma universidade. Isso permite uma maior precisão e detalhamento dos resultados gerados pela Cadeia de Markov. Neste trabalho, serão realizadas análises considerando a área de conhecimento dos cursos.

Nos trabalhos [Brezavšček et al. 2017, Boumi and Vela 2020, Araújo 2019], o objetivo foi desenvolver um modelo de Cadeia de Markov capaz de estimar e monitorar continuamente vários indicadores de qualidade e eficácia no ensino superior. Os modelos foram aplicados para simular o progresso acadêmico, onde para representar os estados foram considerados a duração prevista do estudo, os créditos acadêmicos ou a quantidade de reprovações. Os resultados obtidos através dos modelos permitem obter métricas relacionadas a progressão, tempo e probabilidade de conclusão ou evasão dos estudantes.

Ao representarem o progresso acadêmico com Cadeia de Markov, os trabalhos [Brezavšček et al. 2017, Araújo 2019, Boumi and Vela 2020] não demonstram a criação de estados específicos para os estudantes retidos, o que pode fazer com que as métricas geradas pelo modelo sejam irreais em relação ao tempo e probabilidade de evasão e conclusão para alguns estudantes. No presente trabalho, o progresso estudantil é definido em relação à quantidade de semestres em que o estudante está vinculado ao curso e se ele está retido ou não. A representação do trancamento está incluída no modelo de forma implícita, já que o progresso acadêmico será representado pelos semestres em que o estudante está vinculado no curso, o que inclui o tempo em que ele está trancado.

A análise de sobrevivência permite avaliar a probabilidade de eventos de acordo com o tempo. Neste contexto, os trabalhos [Saccaro et al. 2019, Campos 2016, Costa et al. 2018] têm o objetivo de analisar variáveis que influenciam no tempo de vínculo e probabilidade de conclusão e evasão. Foram utilizadas técnicas de análise de sobrevivência, levando em consideração o número de semestres do curso, gênero, idade, forma de ingresso, turno, desempenho acadêmico (média das notas) e a existência de reprovação e trancamento entre os estudantes. Como resultado, percebe-se que a evasão maior nos primeiros períodos de curso foi um fator recorrente nos trabalhos analisados. Ela demonstra, entre outros fatores, um efeito relacionado ao sistema de seleção unifi-

cada (SISU), onde estudantes que entram na universidade por meio deste apresentam uma probabilidade de evadir maior em comparação a alunos que entram por outros meios, como avaliação seriada [Saccaro et al. 2019]. Essa observação demonstra a importância de análises para verificar a evasão nos primeiros semestres de diferentes cursos.

As Cadeias de Markov permitem a modelagem e análise de sistemas de eventos discretos, enquanto a análise de sobrevivência é bastante utilizada para apresentar a probabilidade de um evento relacionado ao tempo de ocorrência. Essas técnicas destacam-se entre as demais utilizadas para avaliar a evasão, pois permitem criar um modelo generalizado capaz de prever o comportamento de estudantes em relação à probabilidade e o tempo, com a possibilidade de ser aplicado em diversos contextos sem necessidade de alteração do modelo, apenas de seus parâmetros. Desta forma, esta pesquisa pretende realizar uma modelagem do progresso dos estudantes de graduação utilizando Cadeia de Markov com a criação de estados específicos para representar os alunos retidos, o que ainda não foi feito nos trabalhos anteriores. Além do auxílio de gráficos de análise de sobrevivência para analisar as probabilidades dos eventos evasão, conclusão e desvinculação conforme os semestres do curso.

3. Metodologia

A metodologia proposta neste estudo pretende possibilitar análises do tempo e probabilidade de evasão, conclusão e desvinculação de estudantes de graduação. Para isso, foi produzido um modelo de Cadeia de Markov e aplicado dados de uma universidade pública federal. Dessa forma, propõe-se responder às seguintes questões de pesquisa:

- O comportamento da evasão dos estudantes nos quatro primeiros semestres é diferente conforme a área de conhecimento do curso?
- O semestre em que o estudante ficou retido influencia na evasão, conclusão e desvinculação?

Neste trabalho, o modelo proposto é definido por meio de uma Cadeia de Markov Absorvente. Esse é um processo estocástico, composto por estados, onde a probabilidade de transição ocorre observando apenas o estado atual e evoluindo conforme um tempo discreto. No modelo, os estados foram definidos levando em consideração os semestres em que o estudante está vinculado ao curso, com o objetivo de simular o progresso estudantil. O modelo foi elaborado por meio da linguagem de programação Python.

Para determinar os estados do modelo, além dos semestres de vínculo, também foram utilizadas as situações acadêmicas que um estudante pode assumir durante um curso. Entre estas situações, o estado retido é determinado como quando o estudante é reprovado em uma quantidade de disciplinas maior que a quantidade de um período ou caso ele tenha trancado em algum semestre, o que normalmente o levaria a não conseguir se formar no tempo ideal do curso. O estado evadido indica o estudante que abandonou o curso. O estado concluído representa o momento em que o estudante finaliza o curso com sucesso. Por fim, a desvinculação é caracterizada pelo estudante que evadiu ou concluiu o curso.

O modelo proposto neste trabalho é representado por uma versão simplificada na Figura 1, com omissão das probabilidades de transição. Ele é composto por estados de transição representados por S_n , onde n é a duração em períodos do vínculo e S_xR demonstra o vínculo quando o estudante é considerado retido, onde x é a duração em

períodos do vínculo, que pode ser superior aos estados que não apresentam retenção. Essa diferença entre os estados retidos e não retidos é necessária, já que esses estudantes apresentam comportamentos distintos na progressão durante os períodos do curso de graduação. O *loop* em SxR é utilizado para definir um estado de limite de vínculo, onde os estados seguintes são representados dentro desse mesmo estado, quando o comportamento entre esses estados é muito semelhante e a quantidade de estudantes que chegam nesses estados é muito pequena. Entre os estados de absorção, o estado C representa o estudante concluído, e o estado E representa o estudante evadido.

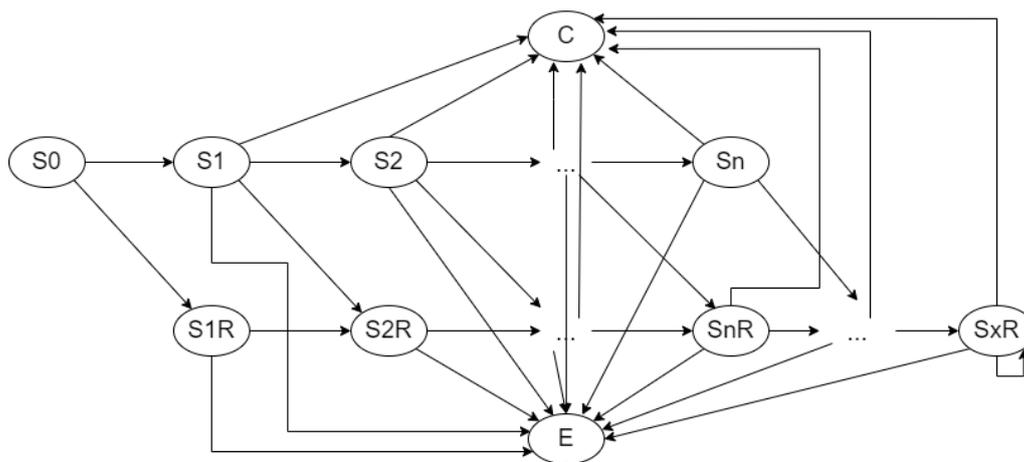


Figura 1. Modelo de Cadeia de Markov para Análise de Sobrevivência para representar o progresso acadêmico.

Para ocorrer a simulação do modelo é necessária a transição por seus estados. Essa transição ocorre a partir do estado inicial, representado pelo momento em que o estudante ingressa no curso. Os estados de transição seguintes são definidos pelo semestre em que o estudante está vinculado no curso, onde ele vai realizando as transações para o próximo semestre, retido ou não, ou para o estado de evasão. A partir dos estados que representam o período padrão de conclusão do curso, também é possível atingir o estado de conclusão ou continuar progredindo pelos estados dos semestres seguintes, até eventualmente chegar no estado de conclusão.

A matriz de transição do modelo é o que determina a probabilidade de transição entre cada estado. Essas probabilidades utilizadas como entrada no modelo proposto foram extraídas a partir de dados de cursos das áreas de agrárias, computação e saúde, de uma universidade pública brasileira. Foram considerados 1586 estudantes ingressantes do semestre 2009.1 até 2013.2 e 1341 estudantes ingressantes do semestre 2015.1 até 2018.2, que ingressaram pelo Sistema de Seleção Unificada (SISU) ou pelo sistema de ingresso tradicional.

Os cursos analisados foram escolhidos pela disponibilidade dos dados, além da área de conhecimento em que estão classificados, o que diversifica os dados e colabora para uma análise considerando as áreas dos cursos. Isto facilita algumas análises e comparações, auxiliando na validação do método proposto neste trabalho.

A simulação será realizada de forma a representar o progresso de estudantes desde o primeiro semestre do curso até sua conclusão ou evasão, podendo passar por estados que

refletem o comportamento de estudantes retidos. Ao final da simulação são gerados dados referentes ao tempo e probabilidade de retenção, evasão, conclusão e desvinculação. Por fim, os tempos para se tornar evadido, concluído e desvinculado são aplicados na análise de sobrevivência. Ela é utilizada para avaliar a probabilidade em relação ao tempo de ocorrência dos eventos, adotando um intervalo de confiança de 95%.

4. Resultados

Os resultados obtidos através das análises que serão apresentados a seguir permitem avaliar retenção, evasão, conclusão e desvinculação. Isso ocorre por meio de simulações do progresso dos estudantes com Cadeia de Markov, onde as métricas extraídas são avaliadas por meio da análise de sobrevivência. A primeira análise observa a evasão estudantil nos semestres de maior evasão, enquanto a segunda análise observa a evasão, conclusão e desvinculação por semestre de retenção.

4.1. Análise da Evasão nos Quatro Primeiros Semestres

Na análise a seguir, é observada a evasão para os quatro primeiros semestres de três cursos. Esses semestres foram selecionados por apresentarem maior probabilidade de evasão. Os cursos selecionados para análise são um da área de ciências agrárias, um curso de computação e um curso de saúde.

Considerando os dados, foram calculados os intervalos de confiança para cada curso, conforme observa-se na Tabela 1. Nela o tempo para evasão dos três cursos estão dentro do intervalo de confiança um do outro, o que valida que esses cursos apresentam uma evasão até o quarto semestre equivalente entre si. Observa-se também que os intervalos de confiança dos dados e do modelo estão no mesmo intervalo, o que demonstra a confiabilidade do modelo.

Tabela 1. Intervalo de Confiança dos cursos para evasão nos primeiros quatro semestres

	Tempo (semestres)			
	Dados		Modelo	
	média	95% IC	média	95% IC
Curso de Agrárias	2,2864	{2,1254;2,4474}	2,2986	{2,2624;2,3348}
Curso de Computação	2,4907	{2,2929;2,6884}	2,5249	{2,4868;2,5631}
Curso de Saúde	2,3035	{1,9768;2,6302}	2,3608	{2,2962;2,4253}

As simulações para os três cursos analisados são realizadas através da aplicação de suas matrizes de transição no modelo. Então, o resultado do modelo é aplicado na análise de sobrevivência, disponível na Figura 2, para verificar a diferença de comportamento das probabilidades de evasão, conclusão e desvinculação apenas para os quatro primeiros semestres dos cursos. Observa-se que o Curso de Agrárias apresenta a maior probabilidade de evasão por semestre entre os cursos apresentados. Ao final dos quatro semestres, o Curso de Agrárias já apresenta uma evasão de 70% dos estudantes, enquanto nos outros cursos a evasão é em torno de 50%. Em relação a evasão geral, até o quarto período o Curso de Agrárias teve uma evasão de 38,63%, o Curso de Computação uma evasão de 27,93% e o Curso de Saúde uma evasão de 13,89%, o que representa uma diferença

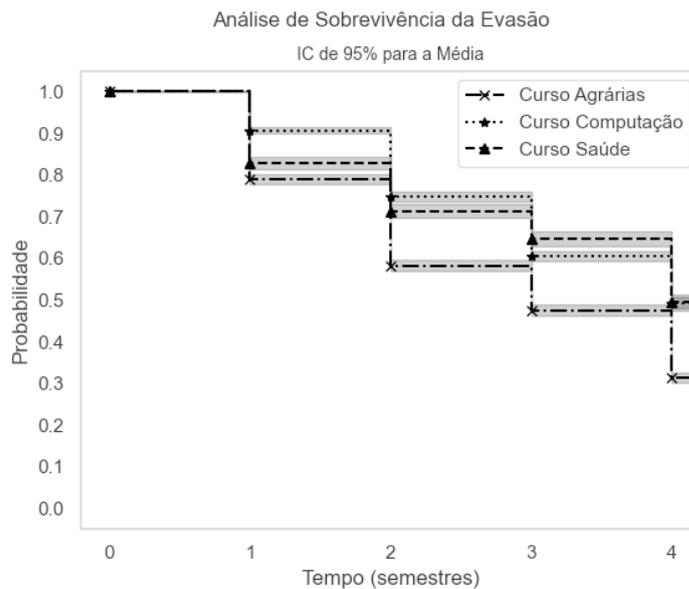


Figura 2. Análise de sobrevivência da evasão para os quatro primeiros semestres dos cursos.

significativa entre todos os cursos, diferente do apresentado quando observamos a probabilidade de evasão apenas entre os evadidos por semestre.

Na Figura 3, observa-se a densidade da evasão nos quatro primeiros semestres dos cursos, onde acontece a maior parte da evasão nos cursos apresentados. No curso de agrárias e saúde, a evasão é maior nos primeiros dois semestres e diminui no terceiro, diferente do que ocorre no curso de computação, onde a evasão se mantém estável pelos quatro primeiros semestres do curso.

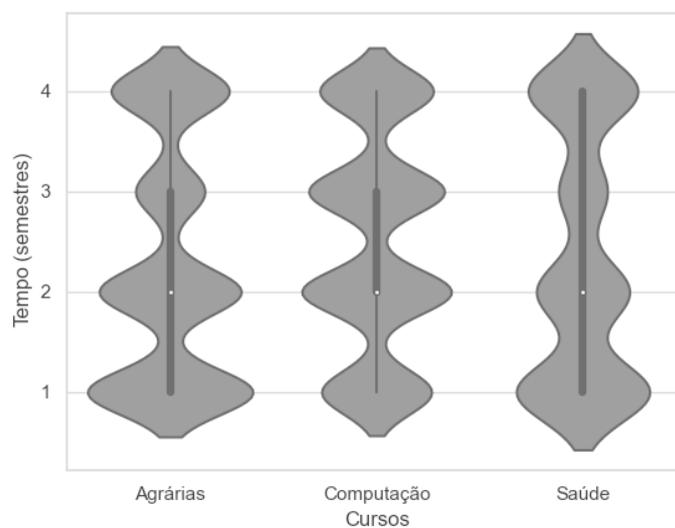


Figura 3. Violin plot da evasão para os quatro primeiros semestres dos cursos.

Ao realizar o teste de hipótese Kolmogorov-Smirnov, para avaliar a evasão nos

quatro primeiros semestres de curso, o resultado do p-valor foi inferior a 0,05 ao comparar todos os cursos, ou seja, nenhum dos três cursos aceitam a hipótese nula de que suas distribuições são equivalentes. Pois, apesar do tempo de evasão estar no intervalo de confiança, a distribuição da probabilidade de evasão por semestres apresenta diferença.

4.2. Análise da Evasão, Conclusão e Desvinculação por Semestre de Retenção

Na análise a seguir, observa-se a evasão, conclusão e desvinculação por semestre em que o estudante entrou em retenção. Serão analisados os estudantes sem retenção e os retidos nos períodos 1, 2, 4, 6 e do período 8 em diante. Essa análise permite avaliar o comportamento dos estudantes conforme o período em que ficou retido e avaliar o seu impacto na evasão, conclusão e desvinculação.

Por meio da análise de sobrevivência, disponível na Figura 4, observa-se a evasão dos estudantes por semestre em que o estudante ficou retido. Os estudantes sem retenção apresentam 80% de evasão já no primeiro período, com uma evasão menor por semestre até o nono período. Os estudantes retidos nos semestres 1 e 2 apresentam um comportamento similar após o décimo semestre, com uma retenção nos primeiros semestres inferior à apresentada pelos estudantes não retidos. Os estudantes retidos nos semestres 4 e 6 apresentam um comportamento semelhante entre si, com uma evasão por semestre inferior ao apresentada pelos estudantes que retêm em semestres anteriores. Os estudantes retidos no semestre 8 em diante apresentam uma evasão equilibrada por semestre.

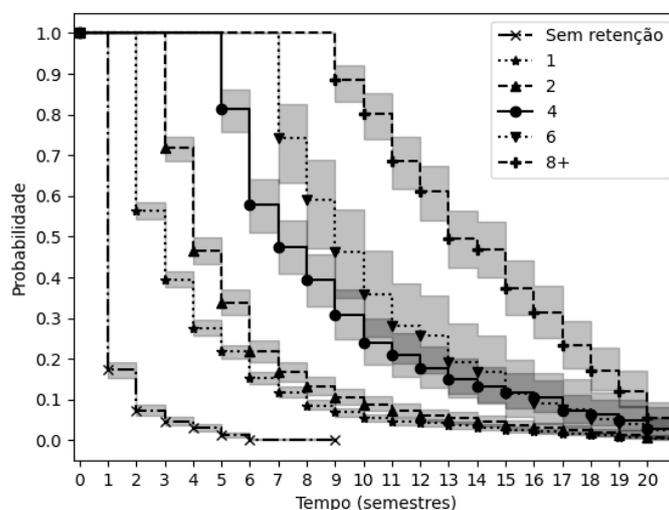


Figura 4. Evasão por período de retenção.

Na Figura 5, observa-se a conclusão dos estudantes por semestre de retenção. Os estudantes sem retenção apresentam 90% de conclusão até o período 13. Nos estudantes com retenção, independente do semestre, a conclusão ocorre de forma similar, com 90% dos estudantes concluídos apenas em torno do período 18.

Na Figura 6, verifica-se a desvinculação dos estudantes por semestre em que o estudante ficou retido, ela representa o momento em que o estudante perde o vínculo com o curso, por evasão ou conclusão. O comportamento dos estudantes sem retenção se apresenta diferente em relação à probabilidade de desvinculação por semestres, se comparado com os estudantes retidos independente do semestre de retenção.

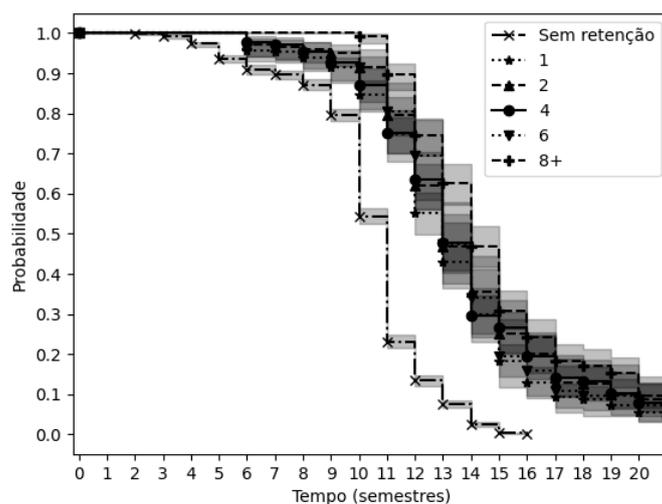


Figura 5. Conclusão por período de retenção.

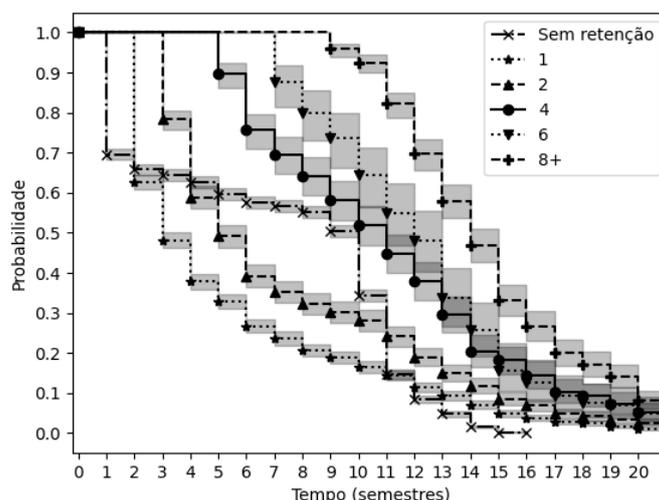


Figura 6. Desvinculação por período de retenção.

Os resultados apresentados demonstram que a evasão nos primeiros quatro períodos dos cursos analisados representam a maior parte da evasão geral dos cursos, além de haver uma diferença na probabilidade de evasão por semestre entre cursos de diferentes áreas. Também observou-se que o semestre em que o estudante ficou retido influencia na evasão por semestre, apesar de apresentar pouca influência na conclusão, onde a diferença fica evidente apenas entre os estudantes não retidos.

5. Considerações Finais

Este estudo apresentou um modelo de Cadeia de Markov para simular o progresso dos estudantes durante um curso de graduação. As análises realizadas foram avaliadas através de análise de sobrevivência e permitiram verificar o comportamento da evasão nos primeiros semestres de curso. Além de observar a evasão, conclusão e desvinculação de acordo com o semestre em que o estudante ficou retido.

Nas principais contribuições, pode-se verificar que a probabilidade de evasão nos

quatro primeiros semestres do curso representa 50% ou mais da evasão total que ocorre nos cursos. Observa-se também como a evasão ocorre de forma diferente em cursos de diferentes áreas, sendo o curso de agrárias o que apresenta a maior evasão, entre os cursos analisados. Dessa forma, adotar políticas que foquem na diminuição da evasão nos primeiros semestres ou oferecer vagas extras para esses semestres pode contribuir para evitar desperdício de recursos.

Ao analisar o semestre em que o estudante ficou retido, verificou-se como isso influencia de maneira significativa na evasão, conclusão e desvinculação, principalmente se considerarmos os estudantes sem retenção em comparação com os retidos. Portanto, é importante que os gestores das universidades ofereçam formas de auxiliar os estudantes retidos.

Como trabalho futuro, pretende-se analisar os estudantes por gênero e cor/raça, além de adicionar mais cursos da mesma universidade. Com objetivo de verificar como esses aspectos influenciam no tempo e na probabilidade de evasão, conclusão e desvinculação. Isso permite previsões mais precisas e individualizadas conforme as características dos estudantes.

Referências

- Alawadhi, S. and Konsowa, M. (2010). Markov chain analysis and student academic progress: An empirical comparative study. *Journal of Modern Applied Statistical Methods*, 9(2):26.
- Araújo, D. F. d. (2019). *Análise e avaliação da trajetória de estudantes de graduação baseadas em modelagem por cadeias de Markov*. PhD thesis, Programa de Pós-Graduação em Biometria e Estatística Aplicada. Departamento de Estatística e Informática.
- Beltran, C. A. R., Xavier-Júnior, J. C., Barreto, C. A., and Neto, C. O. (2019). Plataforma de aprendizado de máquina para detecção e monitoramento de alunos com risco de evasão. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 30, page 1591.
- Boumi, S. and Vela, A. E. (2020). Improving graduation rate estimates using regularly updating multi-level absorbing markov chains. *Education Sciences*, 10(12):377.
- Brezavšček, A., Bach, M. P., and Baggia, A. (2017). Markov analysis of students' performance and academic progress in higher education. *Organizacija*, 50(2):83–95.
- Campos, J. D. d. S. (2016). Fatores explicativos para a evasão no ensino superior através da análise de sobrevivência: o caso da ufpe. Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco.
- Carrano, D., De Albergaria, E. T., Infante, C., and Rocha, L. (2019). Combinando técnicas de mineração de dados para melhorar a detecção de indicadores de evasão universitária. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 30, page 1321.
- Carvalho, V., Queiroz, E., Mendonça, J., Callou, G., and Andrade, E. (2021). Avaliação de desempenho de modelos deep learning para detecção de intrusão em dispositivos

- iot. In *Anais do XX Workshop em Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação*, pages 1–12, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Costa, F. J. d., Bispo, M. d. S., and Pereira, R. d. C. d. F. (2018). Dropout and retention of undergraduate students in management: a study at a brazilian federal university. *RAUSP Management Journal*, 53(1):74–85.
- Da Silva, A. M. and Santos, B. C. S. (2017). Eficácia de políticas de acesso ao ensino superior privado na contenção da evasão. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior*, 22(3):741–757.
- De Almeida Teodoro, L. and Kappel, M. A. A. (2020). Aplicação de técnicas de aprendizado de máquina para predição de risco de evasão escolar em instituições públicas de ensino superior no brasil. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 28:838–863.
- De Brito, B. C. P., De Mello, R. F. L., and Alves, G. (2020). Identificação de atributos relevantes na evasão no ensino superior público brasileiro. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1032–1041. SBC.
- Kleinbaum, D. G. and Mitchel, K. (2010). *Survival analysis*, volume 3. Springer.
- Manhães, L. M. B., Da Cruz, S. M. S., Costa, R. J. M., Zavaleta, J., and Zimbrão, G. (2012). Previsão de estudantes com risco de evasão utilizando técnicas de mineração de dados. In *Brazilian symposium on computers in education (simpósio brasileiro de informática na educação-sbie)*, volume 1.
- Rigo, S. J., Cambruzzi, W., Barbosa, J. L., and Cazella, S. C. (2014). Aplicações de mineração de dados educacionais e learning analytics com foco na evasão escolar: oportunidades e desafios. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 22:132.
- Saccaro, A., França, M. T. A., and Jacinto, P. d. A. (2019). Fatores associados à evasão no ensino superior brasileiro: um estudo de análise de sobrevivência para os cursos das áreas de ciência, matemática e computação e de engenharia, produção e construção em instituições públicas e privadas. *Estudos Econômicos (São Paulo)*, 49(2):337–373.
- Santos, B., Silva, F. A., and Soares, A. (2021). Redes de sensores iot em edifícios inteligentes: uma avaliação de desempenho usando modelos de filas. In *Anais do XX Workshop em Desempenho de Sistemas Computacionais e de Comunicação*, pages 25–36, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Sheskin, T. J. (2016). *Markov chains and decision processes for engineers and managers*. CRC press.
- Xavier, M. and Meneses, J. (2020). A literature review on the definitions of dropout in online higher education. In *EDEN Conference Proceedings*, pages 73–80.