

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

João Pedro Corrêa de Melo Mendes

**Modelo de otimização da grade horária para  
discentes da FACOM/UFU**

**Uberlândia, Brasil**

**2026**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

João Pedro Corrêa de Melo Mendes

**Modelo de otimização da grade horária para discentes da  
FACOM/UFU**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos exigidos para a obtenção título de Bacharel em Sistemas de Informação.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Ribeiro Gabriel

Universidade Federal de Uberlândia – UFU

Faculdade de Computação

Bacharelado em Sistemas de Informação

Uberlândia, Brasil

2026

*Dedico esse trabalho aos meus pais Karine e Hedimar e aos meus irmãos José Emílio e Antônio Augusto.*

# Agradecimentos

Agradeço, primeiramente, aos meus pais, Karine e Hedimar, pelo amor, carinho e por tornarem possível minha dedicação aos estudos. Aos meus irmãos, José Emílio e Antônio Augusto, que, assim como eles, sempre me incentivaram e acreditaram no meu potencial. À minha namorada, Mickaela, agradeço pelo companheirismo, paciência e carinho. Aos meus familiares e amigos, expresso minha gratidão pelo apoio constante e alegria em tantos momentos. Agradeço em especial ao meu amigo Pedro Henrique, pela parceria e auxílio mútuo nas disciplinas do curso.

Ao meu orientador, Professor Dr. Paulo Henrique Ribeiro Gabriel, agradeço pela orientação, dedicação e atenção, que foram fundamentais para o desenvolvimento e a conclusão deste trabalho.

À Universidade Federal de Uberlândia, minha gratidão pelas oportunidades de aprendizado e crescimento que me proporcionou, dentro e fora da sala de aula.

*“A vida não se resume em festivais”*  
(Geraldo Vandré)

# Resumo

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo de otimização para auxiliar discentes do curso de Sistemas de Informação da FACOM/UFU na tomada de decisão durante a matrícula. O objetivo é mitigar problemas de retenção e evasão por meio da resolução do Problema de Construção de Horário Personalizado (PCHP). A metodologia utiliza a Programação Linear para formular o modelo matemático, fundamentado na abstração da grade curricular como um dígrafo através da biblioteca NetworkX. A partir dessa estrutura, foi desenvolvido um algoritmo de Prioridade Acadêmica que pondera a carga horária e o impacto das disciplinas no desbloqueio de pré-requisitos futuros. A implementação em Python com a biblioteca PuLP permitiu processar as variáveis binárias de decisão para encontrar soluções viáveis. O trabalho obteve sucesso, o modelo conseguiu otimizar a grade horária apesar das restrições pessoais dos estudantes. A simulação de caso de dois estudantes como testes demonstram esse sucesso. Dessa forma, o modelo é uma forma objetiva para o planejamento acadêmico que pode ser aplicado em outros cursos da instituição.

**Palavras-chave:** Pesquisa Operacional, Programação Linear, Problema de Construção de Horário Personalizado, Otimização, Modelo Matemático.

# Abstract

This work presents the development of an optimization model to assist students in decision-making during enrollment. The objective is to mitigate retention and dropout issues by solving the Personalized Course Timetabling Problem (PCHP). The methodology employs Linear Programming to formulate the mathematical model, based on abstracting the curriculum as a digraph using the NetworkX library. From this structure, an Academic Priority algorithm was developed to weight workload and the impact of courses on unlocking future prerequisites. Implementation in Python with the PuLP library allowed for the processing of binary decision variables to find viable solutions. The work was successful; the model was able to optimize the timetable despite the students' personal constraints. The case simulation of two students as tests demonstrates this success. Thus, the model is an objective approach to academic planning that can be applied to other courses at the institution.

**Keywords:** Operations Research, Linear Programming, Personalized Course Timetabling Problem, Optimization, Mathematical Model.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Níveis de abstração no desenvolvimento de modelos . . . . .	15
Figura 2 – Exemplo de dígrafo . . . . .	22
Figura 3 – Simulação Histórico Visual - Aluno 01 . . . . .	27
Figura 4 – Retorno do programa para Aluno 01 . . . . .	28
Figura 5 – Disciplinas selecionadas para o Aluno 01 . . . . .	28
Figura 6 – Simulação Histórico Visual - Aluno 02 . . . . .	29
Figura 7 – Retorno do programa para Aluno 02 . . . . .	30
Figura 8 – Disciplinas selecionadas para o Aluno 02 . . . . .	30
Figura 9 – Grafos referente às disciplinas com pré-requisitos . . . . .	35

# Lista de tabelas

Tabela 1 – Abstração e codificação da semana para turmas das disciplinas . . . . .	21
Tabela 2 – Grade horária gerada para o Aluno 01 . . . . .	29
Tabela 3 – Grade horária gerada para o Aluno 02 . . . . .	30
Tabela 4 – Fragmento de CSV para construção dos nós do grafo . . . . .	34
Tabela 5 – Fragmento de CSV para construção das arestas do grafo . . . . .	34

# Lista de abreviaturas e siglas

PO	Pesquisa Operacional
LP	Programação Linear
CSV	Comma separated values ou valores separados por vírgulas
PCHP	Problema de Construção de Horário Personalizado
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
FACOM	Faculdade de Computação
CH	Carga Horária

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>13</b>
2.1	Pesquisa Operacional	13
2.2	Programação Linear	14
2.3	Modelos de Otimização	15
2.4	Problemas Educacionais de Grade Horária	16
2.5	Ferramentas	17
<b>3</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>18</b>
<b>4</b>	<b>DESENVOLVIMENTO</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>Definição do Problema</b>	<b>20</b>
4.1.1	Abstração da Grade Horária	20
4.1.2	Abstração da Grade Curricular	21
4.1.3	Definições de Prioridade	22
<b>4.2</b>	<b>Modelo Matemático</b>	<b>23</b>
4.2.1	Variáveis e Domínios do Problema	24
4.2.2	Variável de Decisão	25
4.2.3	Restrições	25
4.2.4	Função Objetiva	26
<b>4.3</b>	<b>Implementação do Modelo</b>	<b>26</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>27</b>
<b>5.1</b>	<b>Caso - Aluno 01</b>	<b>27</b>
<b>5.2</b>	<b>Resultados - Aluno 01</b>	<b>28</b>
<b>5.3</b>	<b>Caso - Aluno 02</b>	<b>28</b>
<b>5.4</b>	<b>Resultados - Aluno 02</b>	<b>29</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>31</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>32</b>
	<b>APÊNDICE A – VISUALIZAÇÃO DOS GRAFOS CRIADOS COM MATPLOTLIB</b>	<b>34</b>

# 1 Introdução

Completar uma graduação de ensino superior não está relacionado apenas à dedicação do estudante; é conclusivo que fatores familiares e financeiros influenciam fortemente se o estudante terá acesso ou concluirá o curso. Entre os adultos, 72% daqueles que possuem pelo menos um dos pais com ensino superior completo conseguem uma qualificação similar, enquanto apenas 19% dos que têm pais sem essa qualificação alcançam o mesmo nível (OECD, 2024).

O ensino superior brasileiro vive um contexto em que a taxa de desistência acumulada (TDA), em um acompanhamento de 10 anos (discentes ingressantes em 2013), atingiu 58% em 2022. A TDA é maior que a taxa de conclusão acumulada (TCA) e a taxa de permanência (TAP) dos ingressantes de 2013 em cursos de graduação no Brasil (INEP, 2024).

Nesse contexto, é de interesse das instituições de ensino superior no Brasil criar formas de apoio ao estudante e desenvolver ferramentas para que a evasão não ocorra. A relevância deste trabalho está, portanto, na necessidade de uma ferramenta de apoio à matrícula para discentes da Universidade Federal de Uberlândia, a fim de auxiliar os estudantes nas escolhas no momento de seleção de disciplinas, equilibrando-as com sua realidade.

O trabalho desenvolvido por Brandão, Neves e Costa (2022) mostrou a relevância deste tema, propondo uma aplicação para a Universidade Federal Fluminense (UFF). O modelo matemático foi desenvolvido para a resolução do Problema de Construção de Horário Personalizado (PCHP), apresentando resultados promissores. Existem outros trabalhos que tratam da otimização de *timetables* (construção de horários), abordando diferentes problemas como o artigo de (CROBU; DI FRANCESCO; GORGONE, 2022)

Nesse contexto, este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) teve como objetivo a criação de um modelo PCHP à realidade da Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia (FACOM/UFU), visando melhorar a experiência de graduação dos estudantes e, com esse suporte, possibilitar escolhas mais adequadas em relação ao semestre. Dessa forma, buscou-se promover uma vida acadêmica mais equilibrada, evitando, assim, parte dos problemas que levam à evasão.

Para alcançar esse objetivo, a metodologia deste TCC utilizou a programação linear para criar um modelo matemático do problema, adaptando a abordagem proposta por Brandão, Neves e Costa (2022) à realidade da FACOM/UFU. O primeiro passo foi organizar a grade horária da semana em blocos e mapear o currículo do curso. Usando as bibliotecas NetworkX (HAGBERG; SCHULT; SWART, 2008) e Pandas (MCKINNEY,

2010) em Python, o fluxo de disciplinas foi transformado em um grafo, o que permitiu tratar as relações de pré-requisitos de forma automatizada.

Com essa estrutura pronta, foi criado um algoritmo de Prioridade Acadêmica. O papel dele é calcular a importância de cada disciplina, considerando a obrigatoriedade dela, a sua carga horária e, principalmente, quantas disciplinas futuras ela desbloqueia. Assim, as disciplinas que servem de base para muitas outras acumularam uma pontuação maior, garantindo que o modelo priorizasse o avanço contínuo do aluno no curso.

Depois de organizar os dados e definir essas prioridades, o modelo de otimização foi construído com a biblioteca PuLP (MITCHELL; O'SULLIVAN; DUNNING, 2011). O objetivo é maximizar a soma das prioridades das disciplinas escolhidas para o semestre. Para garantir que as grades geradas fossem viáveis, foram aplicadas as restrições PCHP com as adaptações necessárias. Essas regras impediram choques de horário, limitaram a quantidade de optativas e respeitaram pré-requisitos e os dias e horários bloqueados pelo próprio estudante.

Por fim, a ferramenta foi validada por meio de estudos de caso com históricos acadêmicos simulados. O programa processou esses cenários recebendo as disciplinas elegíveis, seus respectivos pesos de prioridade e as restrições de horário de cada estudante. A partir dessas informações, o modelo executou a otimização da grade, respeitando as restrições de cada caso, retornando grades horárias viáveis, atestando a aplicabilidade da modelagem para a resolução do problema.

## 2 Fundamentação Teórica

Este capítulo tem como objetivo apresentar a base teórica necessária para a compreensão e o desenvolvimento do modelo de otimização de grade horária abordado neste trabalho. A discussão se inicia explorando as definições fundamentais de Pesquisa Operacional e Programação Linear, no intuito de estabelecer o contexto matemático e estrutural da área. Além disso, o texto direciona o foco para as particularidades dos problemas educacionais de agendamento, culminando no Problema de Construção de Horário Personalizado (PCHP), e finaliza detalhando as ferramentas e bibliotecas computacionais escolhidas para a implementação da solução.

### 2.1 Pesquisa Operacional

A Pesquisa Operacional (PO), de acordo com [Nacht \(2001\)](#), é uma abordagem para a resolução de problemas que visa fornecer uma base científica para a tomada de decisão. Seu principal objetivo é encontrar a melhor solução possível para um sistema, respeitando rigorosamente as suas restrições operacionais. Historicamente, a área surgiu da necessidade de aplicar métodos científicos na gestão de organizações, tendo como foco inicial os esforços logísticos e estratégicos para a alocação eficiente de recursos durante a Segunda Guerra Mundial (1939–1945).

Devido ao êxito expressivo da PO nas operações militares, os cientistas envolvidos nessas primeiras equipes impulsionaram o interesse em aplicar esses conhecimentos no contexto civil e industrial. A expansão da área foi motivada por dois fatores principais: a formulação do método Simplex por George Dantzig em 1947, que viabilizou a resolução de problemas complexos de programação linear, e o subsequente avanço computacional, que permitiu o processamento de modelos matemáticos cada vez maiores e mais sofisticados ([HILLIER; LIEBERMAN, 2015](#)).

Atualmente, a PO dispõe de diversas técnicas para a solução de modelos. Entre as mais proeminentes, destacam-se a programação linear (PL), utilizada para problemas com funções objetivo e restrições lineares; a programação inteira, aplicada quando as variáveis devem assumir valores inteiros; a programação dinâmica, ideal para modelos que podem ser decompostos em subproblemas; a programação em redes, voltada para situações que podem ser modeladas por meio de grafos; e a programação não linear, exigida quando as funções do problema não apresentam linearidade. Essas são apenas algumas das diversas ferramentas que compõem o vasto escopo da área ([TAHA, 2017](#)).

## 2.2 Programação Linear

A programação linear (PL) é uma das principais ferramentas utilizadas para a resolução de problemas de otimização. Essa técnica permite analisar, categorizar e solucionar desafios complexos em diversos setores industriais. Um exemplo prático é abordado por (HILLIER; LIEBERMAN, 2015) no caso da Swift & Company, uma empresa de grande porte do setor de produção de proteína animal. Com o objetivo de aprimorar seus processos de manufatura e vendas, a organização precisava superar três desafios: fornecer informações precisas sobre a disponibilidade de estoque e a validade dos produtos aos clientes; estabelecer cronogramas eficientes de produção para um horizonte de 28 dias; e determinar a capacidade real de atendimento de pedidos, considerando as restrições de matéria-prima e os limites físicos das fábricas.

Foi então desenvolvido um sistema integrado composto por 45 modelos de programação linear, com o propósito de programar dinamicamente as operações de cinco unidades fabris em tempo real. A adoção dessa modelagem matemática gerou benefícios financeiros auditados na ordem de 12,74 milhões de dólares logo no primeiro ano de funcionamento. Esse montante foi derivado, em sua maior parte, da otimização do mix de produtos (HILLIER; LIEBERMAN, 2015). Além do impacto financeiro direto, a aplicação da PL proporcionou a redução de perdas de pedidos, minimizou a necessidade de concessão de descontos comerciais e elevou substancialmente a pontualidade nas entregas, evidenciando o valor estratégico da Pesquisa Operacional na indústria.

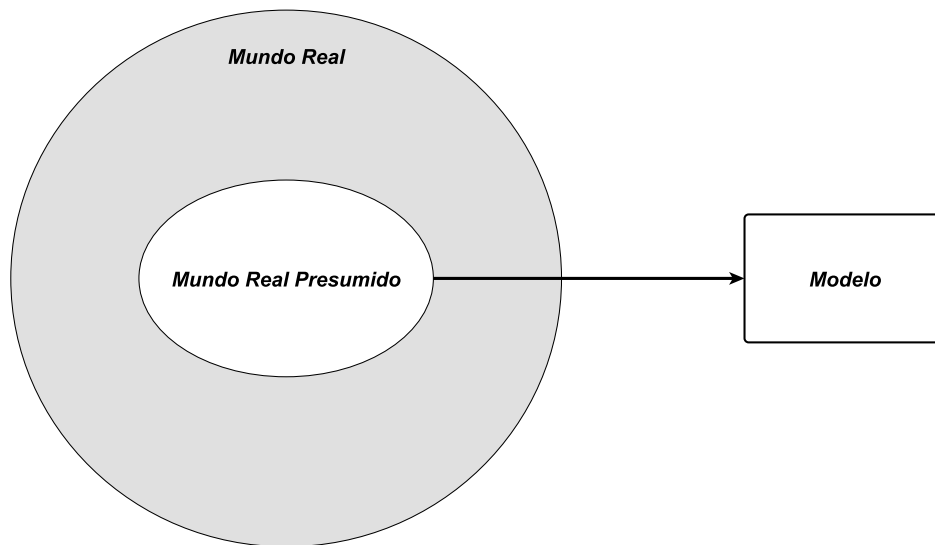
Os modelos matemáticos são utilizados para descrever o problema real e transformá-lo em um problema de otimização. Nesse contexto, busca-se maximizar ou minimizar uma função linear composta por variáveis de decisão. Para que a solução seja matematicamente válida, os valores dessas variáveis devem satisfazer rigorosamente um conjunto de restrições lineares, além de respeitarem uma restrição de sinal específica para cada variável (WINSTON; GOLDBERG, 2004).

Cabe ressaltar que a palavra programação, no contexto da programação linear, atua como sinônimo de planejamento, diferindo do conceito comum associado à elaboração de códigos computacionais (HILLIER; LIEBERMAN, 2015). O objetivo da técnica é planejar as atividades de forma bem-sucedida para alcançar um resultado otimizado, respeitando todas as limitações impostas pelo modelo matemático. Dessa forma, qualquer problema cuja modelagem se enquadre nessa estrutura e atenda a esses requisitos pode ser classificado como um problema de programação linear.

## 2.3 Modelos de Otimização

Problemas de otimização necessitam de uma modelagem para a atuação na sua solução. Em sua maioria é necessário camadas de abstração para a modelagem, (TAHA, 2017) explica como se assume informações do mundo real para concentrar na variáveis de controle dominante e o comportamento do sistema, então o modelo matemático representa o comportamento assumido e abstraído do mundo real como expresso na Figura 1.

Figura 1 – Níveis de abstração no desenvolvimento de modelos.



Fonte: Adaptado de Taha (2017)

A modelagem matemática traduz o que obtêm do mundo real presumido em relações quantitativas. Se o modelo resultante assumir um formato clássico, como a programação linear, algoritmos convencionais conseguem calcular a solução exata. Porém, quando a alta complexidade do problema inviabiliza uma resolução analítica, adota-se o uso de heurísticas ou simulações para encontrar soluções satisfatórias com menor custo computacional. Em cenários mais práticos e desafiadores, essas abordagens costumam ser combinadas para garantir um resultado viável (TAHA, 2017)

Modelos de otimização tem como componentes funções objetivas, variáveis de decisão e restrições o seu objetivo é encontrar valores que satisfaçam as variáveis de decisão sem transgredir nenhuma restrição. A função objetivo consiste na equação matemática que se deseja maximizar ou minimizar. O modelo opera por meio das variáveis de decisão, que representam as grandezas controláveis responsáveis por influenciar o desempenho do sistema. Os valores que essas variáveis podem assumir são estritamente delimitados pelas restrições, que atuam como condições matemáticas obrigatórias para garantir a validade e a viabilidade das soluções geradas (WINSTON; GOLDBERG, 2004).

Para a resolução de modelos matemáticos, destacam o uso de motores de otimi-

zação, conhecidos como *solvers*. Ferramentas comerciais como o IBM ILOG CPLEX<sup>1</sup> e o Gurobi Optimizer<sup>2</sup> são amplamente reconhecidas pela excelência e capacidade de processar problemas de grande escala com alta eficiência. Alternativas em planilhas, como Microsoft Excel e seu solver, também cumprem um papel importante para validações e problemas de menor escopo. Este trabalho adotou a biblioteca PuLP da linguagem Python como a ferramenta principal para a modelagem e resolução do problema.

## 2.4 Problemas Educacionais de Grade Horária

Problemas educacionais de grade horária consistem na atribuição de encontros entre professores e estudantes em dias, horários e salas de aula específicas. Como cada instituição possui regras e convenções próprias, a literatura divide a área em categorias para lidar com as particularidades de cada cenário (CESCHIA; DI GASPERO; SCHAFERF, 2023).

O problema de Grade Horária Escolar (*High School Timetabling*, ou HTT) foca no agendamento semanal de turmas de uma escola, evitando que professores sejam alocados em duas turmas simultaneamente. O problema de Grade Horária de Exames Universitários (*University Examination Timetabling*, ou ETT) organiza o calendário de provas para evitar sobreposições e espaçar os exames para os alunos. O problema de Grade Horária de Cursos Universitários (*University Course Timetabling*, ou CTT) realiza o agendamento semanal de aulas, buscando evitar conflitos de horários para estudantes matriculados em disciplinas com alunos em comum. Adicionalmente, a literatura define o Problema de Particionamento de Estudantes (*Student Sectioning Problem*, ou SSP), cujo objetivo específico é alocar os alunos nas turmas ofertadas garantindo que um mesmo indivíduo não seja designado para aulas que se sobrepõem no tempo.

O escopo abordado neste TCC busca combinar o problema de agendamento de cursos universitários (CTT) com o problema de alocação de estudantes (SSP). Essa integração permite lidar com turmas divididas em subpartes e cronogramas que variam ao longo das semanas do semestre, refletindo a flexibilidade exigida na organização acadêmica. Na literatura, essa junção é a base do Problema de Construção de Horário Personalizado (PCHP) o diferencial é priorizar a perspectiva do estudante, gerando um plano de estudos prático, individualizado e de acordo com o histórico e a realidade de cada aluno.

A estruturação matemática desses agendamentos justifica a aplicação de técnicas de programação linear, já que a função objetivo do problema é definida por uma soma ponderada de todas as penalidades geradas pelas violações das restrições flexíveis. Dessa forma, o objetivo central do planejamento é equacionar a alocação de turmas, horários e

<sup>1</sup> <<https://www.ibm.com/br-pt/products/ilog-cplex-optimization-studio>>

<sup>2</sup> <<https://www.gurobi.com/solutions/gurobi-optimizer/>>

salas de modo a minimizar essa função penalizadora sem infringir as limitações rígidas do sistema.

## 2.5 Ferramentas

Esta seção informa as ferramentas utilizadas no desenvolvimento deste trabalho.

**yEd - Graph Editor.** O yEd é uma ferramenta desktop para geração de diagramas via criação manual ou importação de dados externos. A aplicação destaca-se pelo uso de algoritmos de layout automático, capazes de organizar eficientemente grandes volumes de dados com um único comando (YWORKS, 2026).

**Python.** Python é uma linguagem de programação interpretada, interativa e orientada a objetos, que inclui módulos, tratamento de exceções, tipagem dinâmica, tipos de dados de alto nível e classes. Além da programação orientada a objetos, Python suporta paradigmas como a programação funcional e procedural (PYTHON, 2024).

**PuLP.** O PuLP é uma biblioteca de modelagem para programação linear (LP) em Python, que simplifica a definição de problemas de otimização. Com o PuLP, é possível estabelecer variáveis, funções objetivo e restrições, além de resolver esses problemas utilizando solucionadores desejados (MITCHELL; O’SULLIVAN; DUNNING, 2011).

**NetworkX.** O NetworkX é uma biblioteca Python voltada para a criação, manipulação e estudo da estrutura, dinâmica e funções de redes complexas. Com o NetworkX, é possível implementar algoritmos para o estudo de grafos e redes, permitindo a análise de métricas como centralidade, caminhos mínimos e conectividade de forma eficiente (HAGBERG; SCHULT; SWART, 2008).

**Pandas.** O Pandas é uma biblioteca de código aberto que fornece estruturas de dados de alto desempenho e ferramentas de análise de dados para a linguagem Python. Com o Pandas, é possível manipular grandes volumes de dados de forma intuitiva, utilizando estruturas como DataFrames para realizar operações de limpeza, filtragem e agregação (MCKINNEY, 2010).

**Matplotlib.** O Matplotlib é uma biblioteca abrangente para a criação de visualizações estáticas, animadas e interativas em Python. Com o Matplotlib, é possível gerar gráficos de alta qualidade e diagramas diversos, permitindo o controle detalhado de elementos visuais para a representação de dados e resultados de modelos (HUNTER, 2007).

## 3 Trabalhos Relacionados

Este capítulo tem como objetivo apresentar alguns dos principais trabalhos relacionados com o tema de otimização de grade horária para discentes. A busca por trabalhos se inicia tentando buscar definições e notações relacionada a otimização no intuito de entender o contexto e estado da arte da área. Além disso, a busca é filtrada para direcionar resultados mais semelhantes ao modelo desejado e priorizando trabalhos que construam grades horárias e aqueles que utilizam de meta-heurísticas em foco com a programação linear.

A pesquisa sobre a criação de grade horária para discentes está inserida no contexto de planejamento de horários educacionais cuja a atuação está na organização de salas, aulas, aplicação de provas entre outros. Os problemas são devidos em Planejamento de Horários para Escolas de Ensino Médio (HTT), para Cursos Universitários (CTT), Exames Universitários (ETT) os problemas possuem suas variações e o assunto está em relevância, como mostra [Ceschia, Di Gaspero e Schaerf \(2023\)](#) em seu levantamento para entender a situação atual de solucionamento e aplicações desse contexto.

O trabalho de [Dostert, Politz e Schmitz \(2015\)](#) entende e complementa que adicionar o seccionamento de estudantes a problemas de planejamento de horários aumenta a complexidade, a metodologia dos autores foi analisar a complexidade do problema e confeccionar um modelo a partes solucionáveis do problema e reconhecer dificuldades individuais não solucionáveis. Apesar desse trabalho expor e modelar algo similar a este TCC, seu objetivo não é criação de algoritmo para resolução e sim analisar do limiar entre casos simples e complexos.

Uma forma de modelagem pesquisada para a solução desses problemas é o modelo de otimização matemático, que se for inteiro pode se tratar de um modelo com solução em programação linear. Em seu livro, [Talbi \(2009\)](#) exemplifica e auxilia na criação de modelos matemáticos mostrando o objetivo, variáveis e suas restrições.

O artigo de [Brandão, Neves e Costa \(2022\)](#) tem como objetivo gerar uma solução para o problema de construção de horário personalizado (PCHP) foi feito a formulação com base em casos reais de estudantes usada em dois casos reais de estudantes da Universidade Federal Fluminense (UFF) e feita a resolução por meios exatos, o artigo informou-o que obteve resultados positivos e a resolução do problema por via exata é possível e viável.

Os estudos citados mostram a gama e variedade existente em relação aos problemas de otimização de grade horárias e é notável como a solução dos problemas pode vir a ser realizada de formas variadas aplicando diferentes conhecimentos da pesquisa operacional com a otimização. Além disso, a abordagem com a modelação matemática e sua resolução

---

com a programação linear é um tópico de relevância e está como forma viável de solução. O problema tem boas soluções com métodos mais avançados e flexíveis como a computação genética, porém não é exclusivo ou ineficaz o uso da programação linear como eurística de solução.

## 4 Desenvolvimento

Este capítulo detalha a formulação do Problema de Construção de Horário Personalizado (PCHP) para o curso de Sistemas de Informação da FACOM/UFU (Currículo 2022/2). Aborda-se a modelagem matemática de um modelo de otimização e a lógica de programação utilizada para solução do modelo e algoritmos de apoio usados para gerar as grades horárias sugeridas.

### 4.1 Definição do Problema

O curso de Sistemas de Informação da FACOM/UFU tem como carga horária (CH) total 3.030 horas e turno de oferta noturno (UFU, 2022). O curso noturno tem turmas que se dividem em quatro horários de segunda-feira a sexta-feira. São esses os horários das 19:00 - 19:50, 19:50 - 20:40, 20:50 - 21:40 e 21:40 - 22:30. Além disso, o sábado pode ser utilizado pela faculdade como dia letivo.

As disciplinas ofertadas e seus horários estão suscetíveis a variação a cada semestre, dessa forma é dever do estudante a solicitação de quais turmas quer participar dentre as disciplinas e turmas ofertadas. O discente então deve analisar suas opções e montar sua grade horária para o semestre analisando pré-requisitos, horários de aula e turmas.

O objetivo é auxiliar essa tomada de decisão com a programação linear e a pesquisa operacional, compreendendo o desafio do estudante em alcançar equilíbrio e eficiência na construção de sua grade horária. Torna-se necessária uma forma de maximizar os horários utilizados na semana após a exclusão de agendas pessoais ou complementares à graduação, selecionando disciplinas e turmas disponíveis ao considerar a relevância da disciplina, a CH total realizada pelo aluno e as disciplinas já concluídas

#### 4.1.1 Abstração da Grade Horária

A grade horária das disciplinas do curso pode ser abstraída pensando na disposição semanal de horários semanais. Entende-se que de segunda a sexta-feira existe um total de quatro turnos de aula entre 19:00 e 22:30. Dessa forma, pode-se criar uma codificação *SEG01*, *SEG02*... e e na [Tabela 1](#) é apresentada a marcação de cada lote.

Para a decisão de se matricular ou não em uma disciplina, basta reconhecer qual lote está preenchido ou não. Assim é possível transcrever a grade horária em um arquivo CSV com as informações da disciplina, turma e horários.

É importante ressaltar que para a abstração desse modelo, disciplinas validadas

Tabela 1 – Abstração e codificação da semana para turmas das disciplinas

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
19:00	SEG01	TER01	QUA01	QUI01	SEX01
20:40	SEG02	TER02	QUA02	QUI02	SEX02
20:50	SEG03	TER03	QUA03	QUI03	SEX03
22:30	SEG04	TER04	QUA04	QUI04	SEX04

Fonte: Adaptado de [UFU \(2025\)](#)

como equivalentes que possuam turmas nos horários de lotes serão tratadas como uma turma diferente da disciplina que realiza a equivalência. Assim serão mantidas e respeitadas as relações de pré-requisitos e mecanismos de criticidade a serem descritos nas seções a seguir.

### 4.1.2 Abstração da Grade Curricular

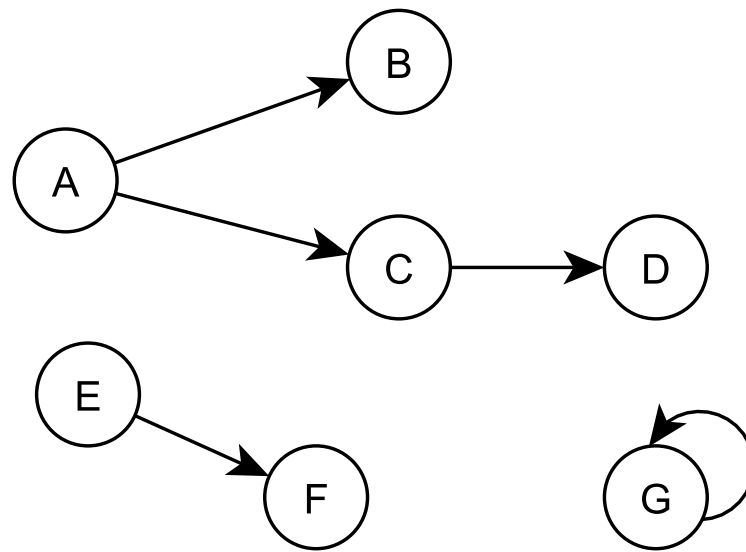
A CH total para graduação é composta por disciplinas obrigatórias, optativas, estágio curricular, projeto de graduação I e II, atividades acadêmicas complementares e atividades curriculares de extensão. Nesse TCC, é tratado somente a grade horária para organização semanal referente a disciplinas obrigatórias e optativas, caso ofertadas. O projeto pedagógico 2022-2 para o curso de Sistemas de Informação tem a divisão das disciplinas em núcleos de formação e atribui a elas uma CH total a disciplina e também uma relação de pré-requisitos para algumas disciplinas no fluxo curricular ([UFU, 2022](#))

A descrição do curso deixa claro que é possível entender o fluxo curricular como um grafo  $G = (V, A)$ , onde  $V$  é o conjunto de vértices que representam as disciplinas e  $A$  é o conjunto de arestas representando a relação pré requisitos. A grade curricular total pode ser descrita como um dígrafo (grafo direcional) e desconexo como definição conceitual ([BACKES, 2023](#)) como o exemplo da [Figura 2](#), a direção da aresta define a relação de pré-requisitos visto que caso a aresta sai do nó  $a$  e chega em  $b$  a relação  $(a, b)$  demonstra que  $a$  é um pré-requisito para matrícula da disciplina  $b$ .

Com esse conhecimento e noção da organização de grafos é possível abstrair a relação das disciplinas sobre pré requisitos da grade e modelar o impacto da relações na seleção da disciplina, visto que suponha que o estudante atrase se matricular na disciplina  $A$ , no próximo as escolhas possíveis para grade horária continuam sem contemplar  $B$  e  $C$  o que é ineficiente e soma ao problema de PCHP.

Utilizando as bibliotecas NetworkX, Pandas e Matplotlib, foi desenvolvido um algoritmo para a criação do grafo a partir de dois arquivos CSV. O primeiro contém os campos ID, Nome, CH total e Prioridade, e o segundo é um arquivo de arestas a serem criadas, gerando as relações de pré-requisitos, organizando-se com os campos origem e destino com valores de ID's para o entendimento da biblioteca NetworkX

Figura 2 – Exemplo de dígrafo



Fonte: Adaptada de (BACKES, 2023).

### 4.1.3 Definições de Prioridade

O fluxo curricular deixa claro que, apesar de cada disciplina ter sua importância, há uma distinção clara entre disciplinas com maior CH total e pré-requisitos necessários a serem cumpridos (UFU, 2022). Dessa forma, é necessário uma definição de prioridade a ser atribuída a cada disciplina. Essa prioridade irá refletir se a disciplina é obrigatória ou optativa, qual nível de CH total possui e quantas outras disciplinas são dependentes da sua conclusão.

Assim foi projetado um algoritmo para percorrer e atribuir a cada disciplina uma prioridade. Atribuiu-se o fator de importância  $\alpha_v = 10$  para disciplinas obrigatórias e  $\alpha_v = 1$  para optativas (BRANDÃO; NEVES; COSTA, 2022). O valor base de prioridade de uma disciplina é o produto de seu fator de importância pela sua CH total ( $c_v \times \alpha_v$ ) garantindo que disciplinas com maior CH recebam naturalmente uma pontuação superior.

Além disso, para refletir o peso das disciplinas que atuam como pré-requisitos, o algoritmo realiza a soma recursiva das prioridades de todos os seus sucessores no grafo, assegurando que a prioridade final de uma disciplina seja proporcional a quantidade de disciplinas que ela sustenta. Disciplinas que precedem fluxos curriculares extensos acumulam a pontuação de todas as disciplinas que delas dependem, seja de forma direta ou indireta.

O algoritmo 1 calcula recursivamente a importância de cada disciplina usando a variável *memo*. A prioridade inicial ( $P$ ) resulta do produto entre a CH ( $CH$ ) e um peso

( $f$ ): 10 para obrigatórias e 1 para optativas. Esse valor é somado à prioridade de todos os seus sucessores no grafo  $G$  e assim retornando ao grafo qual o valor de prioridade da disciplina.

---

**Algoritmo 1:** Cálculo de Prioridade Acadêmica
 

---

**Entrada:** Grafo  $G$ , Dicionário  $memo$   
**Saída** : Prioridades em  $G$  atualizadas

```

1 Função Prioridade( $v$ ):
2   se  $v \in memo$  então
3     | retorna  $memo[v]$ ;
4   senão
5     |  $f \leftarrow (v.obrig = 1) ? 10 : 1$ ;
6     |  $P \leftarrow f \times v.CH$ ;
7     | para cada  $u \in G.sucessores(v)$  faça
8     |   |  $P \leftarrow P + \text{Prioridade}(u)$ ;
9     |   fim
10    |  $memo[v] \leftarrow P$ ;
11    | retorna  $P$ ;
12  | fim
13 para cada  $v \in G.nodes$  faça
14 |   |  $G.nodes[v].prioridade \leftarrow \text{Prioridade}(v)$ ;
15 |   fim

```

---

## 4.2 Modelo Matemático

A criação de uma solução para um problema de otimização tem como passo inicial o estudo dos objetivos e das características da organização, culminando na formulação definitiva do problema (WINSTON; GOLDBERG, 2004). Com a conclusão da abstração organizacional da grade horária e curricular, consolida-se a estrutura matemática. O modelo desenvolvido para o PCHP, projetado para resolução via programação linear com a biblioteca PuLP, possui função objetivo e restrições estritamente lineares, enquadrando-se parcialmente nas técnicas de solução de problemas HTT (TAN et al., 2021). A formulação completa é estruturada da Equação 4.1 à Equação 4.6, onde Equação 4.1 representa a função objetiva do modelo e a Equação 4.2 a Equação 4.6 suas restrições.

$$\max \sum_{i \in R} \sum_{k \in L_i} p_i \cdot x_{ik} \quad (4.1)$$

$$\text{s.t.} \sum_{k \in L_i} x_{ik} \leq 1, \quad \forall i \in R \quad (4.2)$$

$$\sum_{i \in R_{opt}} \sum_{k \in L_i} x_{ik} \leq Q_{opt} \quad (4.3)$$

$$\sum_{i \in R} \sum_{k \in L_i} h_{ikt} \cdot x_{ik} \leq 1, \quad \forall t \in T \quad (4.4)$$

$$x_{ik} = 0, \quad \forall i, k \text{ com } t \in U \text{ e } h_{ikt} = 1 \quad (4.5)$$

$$x_{ik} \in \{0, 1\}, \quad \forall i \in R, k \in L_i \quad (4.6)$$

### 4.2.1 Variáveis e Domínios do Problema

As variáveis e dados do PCHP são as informações modeladas na seção anterior, disciplinas obrigatórias e optativas, pré-requisitos, grade horária e grade curricular. A partir do modelo proposto em arquivos CSV é possível descrever as seguintes variáveis e domínios para resolução via PL.

#### Conjuntos

- $R$ : Conjunto de todas as disciplinas elegíveis para o aluno. Uma disciplina  $i \in R$  se, e somente se, o aluno cumpriu os pré-requisitos necessários e existe oferta de turmas no período atual.
- $R_{opt} \subset R$ : Subconjunto das disciplinas elegíveis optativas.
- $L_i$ : Conjunto de turmas ofertadas para a disciplina  $i$ .
- $T$ : Conjunto de todos os espaços (lotes de horários) da semana (ex: SEG01, TER02, etc.).
- $U \subset T$ : Conjunto de horários indisponíveis (bloqueados) por restrição pessoal do aluno.

#### Parâmetros (Dados)

- $p_i$ : Valor numérico representando a prioridade da disciplina  $i$ , calculada com base na estrutura topológica do grafo de pré-requisitos.
- $Q_{opt}$ : Define a quantidade máxima de disciplinas optativas que o aluno pode cursar no semestre.

- $h_{ikt}$ : Parâmetro binário de mapeamento temporal, onde  $h_{ikt} = 1$  se a turma  $k$  da disciplina  $i$  ocupa o espaço  $t$ , e  $h_{ikt} = 0$  caso contrário.

O parâmetro  $Q_{opt}$  vem do fato de que o aluno necessita somente de duas disciplinas optativas para conclusão do componente curricular dessas disciplinas. O total é de 120 horas de CH total e toda disciplina optativa possuem 60 horas de CH total (UFU, 2022).

#### 4.2.2 Variável de Decisão

A variável de decisão representa se o aluno vai se matricular ou não na disciplina como explorado pelo artigo (BRANDÃO; NEVES; COSTA, 2022). Assim, para o modelo matemático, adotou-se variáveis binárias  $x_{ik}$  tais que:

$$x_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{se o aluno for matriculado na turma } k \text{ da disciplina } i \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Portanto, o domínio da variável é restringido como apresentado na [Equação 4.6](#).

#### 4.2.3 Restrições

O conjunto de soluções viáveis é delimitado pelas seguintes restrições:

##### 1. Unicidade de Matrícula.

Garante que o aluno não seja alocado em mais de uma turma  $k$  para a mesma disciplina  $i$  com a [Equação 4.2](#), pois ao realizar o somatório de  $x_{ik}$  estamos percorrendo as turmas existentes da disciplina e garantindo que será feita a matrícula em somente uma turma. Esse efeito é alcançado ao limitar o somatório a ser menor ou igual a 1.

##### 2. Limite de Disciplinas Optativas.

A seleção de disciplinas pertencentes ao subconjunto de optativas  $R_{opt}$  é restrita ao limite  $Q_{opt}$ , como descrito na [Equação 4.3](#). O valor para o limite  $Q_{opt}$  varia entre os estudantes, visto que para a conclusão do curso é necessário cursar duas disciplinas optativas. Existem, casos nos quais  $Q_{opt}$  deverá ser igual a 2 caso o discente nunca tenha cursado nenhuma optativa, igual a 1 caso já tenha cursado uma ou igual a 0 caso tenha concluído a quantidade necessária.

##### 3. Conflito de Horários (Choque de Grade).

A restrição para a não sobreposição de horários no período  $t$  é descrita na [Equação 4.4](#). A multiplicação do parâmetro  $h_{ikt}$  pela variável  $x_{ik}$  resulta em 1 apenas se houver matrícula na turma ( $x_{ik} = 1$ ) e aula nesse horário ( $h_{ikt} = 1$ ); caso contrário,

o valor é 0. A limitação desse somatório a 1 expressa matematicamente que cada horário na grade  $T$  seja ocupado por no máximo uma disciplina.

#### 4. Indisponibilidade de Horário.

A restrição de indisponibilidade de horário descrita na [Equação 4.5](#) ao exigir que  $h_{ikt}$  seja igual a 1, mas para  $t$  pertencente ao conjunto  $U$  que se trata dos horários indisponíveis, bloqueados pelo aluno, estamos utilizando da variável de mapeamento temporal para garantir que a variável de decisão seja igual a 0 nesses casos onde a turma  $k$  da disciplina  $i$  ocupa o espaço de tempo  $t$

### 4.2.4 Função Objetiva

A função objetiva do modelo é descrita pela equação [Equação 4.1](#). A multiplicação da prioridade da disciplina  $p_i$  com a variável de decisão  $x_{ik}$  maximiza a soma das prioridades das disciplinas selecionadas para compor a grade horária, garantindo que as disciplinas de maior impacto no fluxo curricular sejam priorizadas.

## 4.3 Implementação do Modelo

O modelo foi implementado na linguagem Python 3.14.3 e as respectivas bibliotecas e suas versões: Matplotlib 3.10.8, NetworkX 3.6.1, NumPy 2.4.2, Pandas 3.0.0 e PuLP 3.3.0.

A primeira parte da implementação foi a criação de um código para ler os arquivos CSV de disciplinas e de pré-requisitos para criação do grafo e assim ser possível percorrer o mesmo e gerar um segundo arquivo com as informações das disciplinas e a sua prioridade calculada. A segunda parte da implementação é a criação da função que recebe o arquivo gerado pela primeira parte somado a outros arquivos para compor os conjuntos a serem usados pelo modelo.

Após a leitura e tratativa dessas informações, a modelagem é realizada com a biblioteca PuLP do Python e o código fonte completo está disponível em <https://github.com/JPQuadrado/TCC>.

## 5 Resultados

Neste capítulo são exploradas duas situações simuladas de alunos para testar a viabilidade de solução do modelo matemático. São apresentadas a situação do aluno e contexto de horas vagas semanalmente; assim, é possível simular e analisar os resultados.

### 5.1 Caso - Aluno 01

O Aluno 01 atualmente está indo para o quarto período porém tem como dependência a disciplina FAMAT39214 - Cálculo I e por consequência FAMAT31022 - Álgebra Linear. Isso aconteceu pois, após sua reprovação em Cálculo I o estudante optou por se matricular nas disciplinas do seu terceiro semestre letivo e uma optativa. A [Figura 3](#) mostra, no formato gerado pelo portal do aluno, uma simulação do seu histórico escolar visual.

Figura 3 – Simulação Histórico Visual - Aluno 01

**Simulação Histórico Visual - Aluno 01**

Introdução aos Sistemas de Informação	Fundamentos de Marketing	Arquitetura e Organização de Computadores	Sistemas Operacionais	Redes de Computadores	Sistemas Distribuídos	Economia	Inovação e Gestão do Conhecimento
Informática e Sociedade	Algoritmos e Programação II	Empreendedorismo	Banco de Dados I	Banco de Dados II	Organização e Recuperação da Informação	Interação Humano-Computador	Segurança da Informação
Algoritmos e Programação I	Gestão Empresarial	Estrutura de Dados I	Estrutura de Dados II	Programação para Dispositivos Móveis	Desenvolvimento Web I	Desenvolvimento Web II	Direito
Lógica para Computação	Cálculo I	Programação Orientada a Objetos	Processo de Desenvolvimento de Software	Gestão da Qualidade de Software	Gerência de Projetos em TI	Pesquisa Operacional	Optativa I
Contabilidade e Análise de Demonstrativos Financeiros		Álgebra Linear	Matemática para Ciência da Computação	Estatística	Ciência de Dados I	Ciência de Dados II	Optativa II

As disciplinas coloridas com verde representam disciplinas nas quais o aluno foi aprovado. Essas disciplinas não se encontram no domínio das elegíveis por já terem sido realizadas. O aluno 01, apesar da não solicitação após a reprovação da disciplina de Cálculo I, para o seu quarto período não possui nenhuma restrição no seu horário semanal. Dessa forma, foram colocadas as suas informações no programa e solicitou-se a resolução do modelo.

## 5.2 Resultados - Aluno 01

O modelo matemático encontrou uma solução viável e sugeriu a o estudante a matrícula nas disciplinas FAMAT39214 - Cálculo I, FACOM32402 - Estrutura de Dados II, FACOM32403 - Processo de Desenvolvimento de Software e FACOM32404 - Sistemas Operacionais como marcado na [Figura 5](#) e explícito na [Figura 4](#) referente ao retorno do programa. As disciplinas em azul foram as aconselhadas pelo programa.

Figura 4 – Retorno do programa para Aluno 01

```

Meta de Optativas: Máximo 1
Conjunto R (Elegíveis totais): 13
Subconjunto R_opt (Optativas elegíveis): 2

=== GRADE SUGERIDA ===

```

Disciplina	Tipo Turma	Prioridade	Horários
Cálculo I Obrigatória	S	3750	SEG01, SEG02, QUA03, QUA04, QUI01, QUI02
Sistemas Operacionais Obrigatória	EX	2400	TER03, TER04, SEX01, SEX02
Estrutura de Dados II Obrigatória	EX	1800	TER01, TER02, QUI03, QUI04
Processo de Desenvolvimento de Software Obrigatória	S	1800	QUA01, QUA02, SEX03, SEX04

-----  
Total Prioridade Acumulada: 9750

Figura 5 – Disciplinas selecionadas para o Aluno 01

### Simulação Histórico Visual - Aluno 01

Introdução aos Sistemas de Informação	Fundamentos de Marketing	Arquitetura e Organização de Computadores	Sistemas Operacionais	Redes de Computadores	Sistemas Distribuídos	Economia	Inovação e Gestão do Conhecimento
Informática e Sociedade	Algoritmos e Programação II	Empreendedorismo	Banco de Dados I	Banco de Dados II	Organização e Recuperação da Informação	Interação Humano-Computador	Segurança da Informação
Algoritmos e Programação I	Gestão Empresarial	Estrutura de Dados I	Estrutura de Dados II	Programação para Dispositivos Móveis	Desenvolvimento Web I	Desenvolvimento Web II	Direito
Lógica para Computação	Cálculo I	Programação Orientada a Objetos	Processo de Desenvolvimento de Software	Gestão da Qualidade de Software	Gerência de Projetos em TI	Pesquisa Operacional	Optativa I
Contabilidade e Análise de Demonstrativos Financeiros		Álgebra Linear	Matemática para Ciência da Computação	Estatística	Ciência de Dados I	Ciência de Dados II	Optativa II

Assim, a tabela de horários do aluno se encontra somente com os dois últimos horários vagos conforme demonstrado pela [Tabela 2](#).

## 5.3 Caso - Aluno 02

O aluno 02, atualmente está indo para o quarto período porém tem como dependência as disciplinas FACOM32305 - Programação Orientada a Objetos e FAMAT31022

Tabela 2 – Grade horária gerada para o Aluno 01

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
19:00	FAMAT39214	FACOM32402	FACOM32403	FAMAT39214	FACOM32404
20:40	FAMAT39214	FACOM32402	FACOM32403	FAMAT39214	FACOM32404
20:50	-	FACOM32404	FAMAT39214	FACOM32402	FACOM32403
22:30	-	FACOM32404	FAMAT39214	FACOM32402	FACOM32403

- Álgebra Linear devido a reprovação no ultimo período. Atualmente o Aluno 02 não realizou nenhum optativa, podendo se matricular em até duas nesse semestre; porém, ele possuiu um bloqueio de horário em SEX01 e SEX02, conforme mostrado na [Tabela 3](#).

Figura 6 – Simulação Histórico Visual - Aluno 02

Simulação Histórico Visual - Aluno 02

Introdução aos Sistemas de Informação	Fundamentos de Marketing	Arquitetura e Organização de Computadores	Sistemas Operacionais	Redes de Computadores	Sistemas Distribuídos	Economia	Inovação e Gestão do Conhecimento
Informática e Sociedade	Algoritmos e Programação II	Empreendedorismo	Banco de Dados I	Banco de Dados II	Organização e Recuperação da Informação	Interação Humano-Computador	Segurança da Informação
Algoritmos e Programação I	Gestão Empresarial	Estrutura de Dados I	Estrutura de Dados II	Programação para Dispositivos Móveis	Desenvolvimento Web I	Desenvolvimento Web II	Direito
Lógica para Computação	Cálculo I	Programação Orientada a Objetos	Processo de Desenvolvimento de Software	Gestão da Qualidade de Software	Gerência de Projetos em TI	Pesquisa Operacional	Optativa I
Contabilidade e Análise de Demonstrativos Financeiros		Álgebra Linear	Matemática para Ciência da Computação	Estatística	Ciência de Dados I	Ciência de Dados II	Optativa II

As disciplinas coloridas com verde representam disciplinas cujo o aluno foi aprovado, elas não se encontram no domínio das elegíveis por já terem sido realizadas. Dessa forma, foi colocados as informações do aluno 02 no programa e solicitado a resolução do modelo.

## 5.4 Resultados - Aluno 02

O modelo matemático encontrou uma solução viável e sugeriu ao estudante a matrícula nas disciplinas FACOM32305 - Programação Orientada a Objetos, FACOM32401 - Banco de Dados I, FACOM32402 - Estrutura de Dados II e FAMAT32401 - Matemática para Ciência da Computação como expresso na [Figura 8](#) e explícito na [Figura 7](#) referente ao retorno do programa. As disciplinas em azul foram as aconselhadas pelo programa.

Figura 7 – Retorno do programa para Aluno 02

```

Meta de Optativas: Máximo 2
Horários Bloqueados: ['SEX01', 'SEX02']
Conjunto R (Elegíveis totais): 12
Subconjunto R_opt (Optativas elegíveis): 2

=== GRADE SUGERIDA ===
Disciplina          Tipo Turma  Prioridade          Horários
Programação Orientada a Objetos Obrigatória  EX          4200 QUA01, QUA02, SEX03, SEX04
    Banco de Dados I Obrigatória  EX          2400 SEG01, SEG02, QUA03, QUA04
        Estrutura de Dados II Obrigatória  EX          1800 TER01, TER02, QUI03, QUI04
Matemática para Ciência da Computação Obrigatória  S           600 SEG03, SEG04, QUI01, QUI02
-----
Total Prioridade Acumulada: 9000
    
```

Figura 8 – Disciplinas selecionadas para o Aluno 02

Simulação Histórico Visual - Aluno 02

Introdução aos Sistemas de Informação	Fundamentos de Marketing	Arquitetura e Organização de Computadores	Sistemas Operacionais	Redes de Computadores	Sistemas Distribuídos	Economia	Inovação e Gestão do Conhecimento
Informática e Sociedade	Algoritmos e Programação II	Empreendedorismo	Banco de Dados I	Banco de Dados II	Organização e Recuperação da Informação	Interação Humano-Computador	Segurança da Informação
Algoritmos e Programação I	Gestão Empresarial	Estrutura de Dados I	Estrutura de Dados II	Programação para Dispositivos Móveis	Desenvolvimento Web I	Desenvolvimento Web II	Direito
Lógica para Computação	Cálculo I	Programação Orientada a Objetos	Processo de Desenvolvimento de Software	Gestão da Qualidade de Software	Gerência de Projetos em TI	Pesquisa Operacional	Optativa I
Contabilidade e Análise de Demonstrativos Financeiros		Álgebra Linear	Matemática para Ciência da Computação	Estatística	Ciência de Dados I	Ciência de Dados II	Optativa II

A tabela de horários do aluno então se encontra para além do bloqueio do estudante com dois últimos horários vagos conforme mostrado pela [Tabela 3](#).

Tabela 3 – Grade horária gerada para o Aluno 02

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta
19:00	FACOM32401	FACOM32402	FACOM32305	FAMAT32401	BLOQUEIO
20:40	FACOM32401	FACOM32402	FACOM32305	FAMAT32401	BLOQUEIO
20:50	FAMAT32401	-	FACOM32401	FACOM32402	FACOM32305
22:30	FAMAT32401	-	FACOM32401	FACOM32402	FACOM32305

## 6 Conclusão

Este trabalho teve como objetivo principal o desenvolvimento de uma ferramenta de apoio à tomada de decisão para discentes da FACOM/UFU, especificamente do curso de Sistemas de Informação, visando mitigar problemas de evasão e erros de planejamento de matrícula. Para isso, foi proposto um modelo programação linear para o problema Construção de Horário Personalizado (PCHP) com base no trabalho de [Brandão, Neves e Costa \(2022\)](#). Esse modelo foi implementado utilizando a biblioteca PuPL, da linguagem Python, e obteve resultados viáveis.

A primeira contribuição deste trabalho foi a abstração da grade curricular na forma de um dígrafo (grafo direcionado) utilizando a biblioteca NetworkX. Isso permitiu a visualização clara das dependências entre disciplinas e serviu de base para a criação do algoritmo de Prioridade Acadêmica. Esse algoritmo pondera a carga horária, a obrigatoriedade e o impacto de uma disciplina no desbloqueio de futuros pré-requisitos, mostrando-se uma ferramenta robusta para guiar a função objetivo do modelo de otimização.

Foram elaborados dois estudos de caso que indicam a aplicabilidade do modelo proposto. No cenário do aluno 01, o sistema ajustou o planejamento acadêmico após a reprovação em um pré-requisito importante, sugerindo disciplinas que mantêm o progresso no curso. Já no caso do Aluno 02, a ferramenta acomodou simultaneamente a inclusão de optativas e as restrições de horários pessoais. Dessa forma, a otimização via PuLP ofereceu uma alternativa objetiva e fundamentada matematicamente em comparação à seleção manual de disciplinas.

Para dar continuidade a este trabalho, a evolução natural é a implementação de uma interface gráfica web responsiva. Isso permitiria que qualquer estudante, independentemente de conhecimento técnico, insira seu histórico e restrições de forma intuitiva. A generalização do modelo para contemplar as especificidades das grades curriculares de outros cursos da universidade é também uma expansão a ser modelada, podendo tornar o otimizador acadêmico individual um instrumento estratégico de gestão institucional no combate à retenção e evasão no ensino superior.

# Referências

- BACKES, A. R. **Algoritmos e Estruturas de Dados em Linguagem C**. Rio de Janeiro: LTC, 2023. 512 p. ISBN 978-8521638308. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.
- BRANDÃO, M. L.; NEVES, T. A.; COSTA, K. A. Modelagem matemática para auxiliar estudantes na montagem do horário visando reduzir o tempo de graduação. In: **Anais do LIV Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**. Juiz de Fora, MG: Galoá, 2022. Citado 5 vezes nas páginas 11, 18, 22, 25 e 31.
- CESCHIA, S.; DI GASPERO, L.; SCHAERF, A. Educational timetabling: Problems, benchmarks, and state-of-the-art results. **European Journal of Operational Research**, v. 308, n. 1, p. 1–18, jul. 2023. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 18.
- CROBU, C.; DI FRANCESCO, M.; GORGONE, E. High quality timetables for italian schools. **Computers & Operations Research**, v. 148, p. 105980, 2022. ISSN 0305-0548. Citado na página 11.
- DOSTERT, M.; POLITZ, A.; SCHMITZ, H. A complexity analysis and an algorithmic approach to student sectioning in existing timetables. **Journal of Scheduling**, v. 19, p. 285–293, abr. 2015. Citado na página 18.
- HAGBERG, A. A.; SCHULT, D. A.; SWART, P. J. Exploring network structure, dynamics, and function using NetworkX. In: VAROQUAUX, G.; VAUGHT, T.; MILLMAN, J. (Ed.). **Proceedings of the 7th Python in Science Conference**. Pasadena, CA: SciPy Conferences, 2008. p. 11–15. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 17.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introduction to Operations Research**. 10th. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2015. ISBN 978-0073523453. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 14.
- HUNTER, J. D. Matplotlib: A 2D graphics environment. **Computing in Science & Engineering**, v. 9, n. 3, p. 90–95, 2007. Citado na página 17.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS. **Resumo técnico do Censo da Educação Superior 2022**. Brasília, DF, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/inep/pt-br/centrais-de-conteudo/acervo-linha-editorial/publicacoes-institucionais/estatisticas-e-indicadores-educacionais/resumo-tecnico-do-censo-da-educacao-superior-2022>>. Acesso em: 06 out. 2024. Citado na página 11.
- MCKINNEY, W. Data structures for statistical computing in Python. In: WALT, S. van der; MILLMAN, J. (Ed.). **Proceedings of the 9th Python in Science Conference**. Pasadena, CA: SciPy Conferences, 2010. p. 56–61. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 17.
- MITCHELL, S.; O’SULLIVAN, M.; DUNNING, I. PuLP: A linear programming toolkit for Python. **Optimization Online**, 2011. Disponível em: <<https://optimization-online.org/?p=11731>>. Acesso em: 12 mar. 2026. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 17.

- NACHT, M. Operations research. In: SMELSER, N. J.; BALTES, P. B. (Ed.). **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences**. Oxford: Pergamon, 2001. ISBN 978-0-08-043076-8. Citado na página 13.
- ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Education at a Glance 2024: OECD Indicators**. Paris, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1787/c00cad36-en>>. Acesso em: 06 out. 2024. Citado na página 11.
- PYTHON SOFTWARE FOUNDATION. **Python documentation**. Delaware, EUA, 2024. Disponível em: <<https://docs.python.org/3/>>. Acesso em: 08 fev. 2026. Citado na página 17.
- TAHA, H. A. **Operations Research: An Introduction**. 10. ed. [S.l.]: Pearson, 2017. ISBN 978-1292165547. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 15.
- TALBI, E.-G. **Metaheuristics: From Design to Implementation**. Nova Jersey, EUA: Wiley Publishing, 2009. 593 p. Citado na página 18.
- TAN, J. S.; GOH, S. L.; KENDALL, G.; SABAR, N. R. A survey of the state-of-the-art of optimisation methodologies in school timetabling problems. **Expert Systems with Applications**, v. 165, p. 113943, 2021. Citado na página 23.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. **Projeto Pedagógico do Curso de Graduação em Bacharelado em Sistemas de Informação**. Uberlândia, MG, 2022. 52 p. Disponível em: <[https://facom.ufu.br/system/files/conteudo/ppc\\_bsi2022\\_2022\\_10\\_.pdf](https://facom.ufu.br/system/files/conteudo/ppc_bsi2022_2022_10_.pdf)>. Acesso em: 08 fev. 2026. Citado 4 vezes nas páginas 20, 21, 22 e 25.
- \_\_\_\_\_. **Horários das Disciplinas: Sistemas de Informação 2025/2 - Currículo Novo**. Uberlândia, MG, 2025. Versão 5. Disponível em: <[https://facom.ufu.br/system/files/conteudo/horarios\\_2025-2\\_curriculo\\_novo\\_v5.pdf](https://facom.ufu.br/system/files/conteudo/horarios_2025-2_curriculo_novo_v5.pdf)>. Acesso em: 13 fev. 2026. Citado na página 21.
- WINSTON, W. L.; GOLDBERG, J. B. **Operations Research: Applications and Algorithms**. 4. ed. EUA: Cengage Learning, 2004. 1402 p. ISBN 978-0534423629. Citado 3 vezes nas páginas 14, 15 e 23.
- YWORKS GMBH. **yEd Graph Editor**. Tübingen, Germany, 2026. Disponível em: <<https://www.yworks.com/products/yed>>. Acesso em: 08 fev. 2026. Citado na página 17.

# APÊNDICE A – Visualização dos grafos criados com Matplotlib

Este apêndice apresenta o grafo ([Figura 9](#)) gerado pela ferramenta desenvolvida, demonstrando a aplicação da biblioteca Matplotlib na visualização do grafo de disciplinas. As imagens ilustram as conexões de pré-requisitos do currículo 2022/2 de Sistemas de Informação da FACOM/UFU.

O programa de geração utilizou como base os documentos CSV com as seguintes organizações para que a biblioteca NetworkX consiga gerar o grafo exibido na [Figura 9](#). A [Tabela 4](#) carrega todas as informações das disciplinas para serem abstraídas e transformadas em grafo. O pré-requisito é descrito na [Tabela 5](#), informando somente a direção para o dígrafo em criação.

Tabela 4 – Fragmento de CSV para construção dos nós do grafo

Id	Carga Horária	Prioridade	Obrigatoriedade
FACIC39102	60	600	1
FACOM32101	30	300	1
FACOM32102	60	13800	1
...	...	...	...

Tabela 5 – Fragmento de CSV para construção das arestas do grafo

Origem	Destino
FACOM32102	FACOM32201
FAMAT39214	FAMAT31022
FACOM32201	FACOM32302
...	...

