



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CAMPUS QUIXADÁ**  
**BACHARELADO EM ENGENHARIA DE SOFTWARE**

**NOME SOBRENOME**

**TÍTULO DO TRABALHO: SUBTÍTULO**

**QUIXADÁ – CEARÁ**  
**2016**

NOME SOBRENOME

TÍTULO DO TRABALHO: SUBTÍTULO

Monografia apresentada no curso de Engenharia de Software da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Software. Área de concentração: Computação.

Orientador: Nome do seu Orientador

Co-Orientador: Nome Co-orientador

QUIXADÁ – CEARÁ

2016

Use [www.fichacatalografica.ufc.br/](http://www.fichacatalografica.ufc.br/) para atualizar os dados a seguir, depois envie para verificação final pela biblioteca.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- L696r      Lima, Bruno Rhafael Fonteles de.  
              Representação do conhecimento para implementação de um repositório de monografias utilizando um gerenciador de referências bibliográficas. / Bruno Rhafael Fonteles de Lima. – 2016.  
              50 f. : il., p&b.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Quixadá, Curso de Redes de Computadores, Quixadá, 2016.  
              Orientação: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tânia Saraiva de Melo Pinheiro.
1. Gestão do conhecimento. 2. Ontologia. 3. Controle bibliográfico. I. Título.

CDD 004.6

---

NOME SOBRENOME

TÍTULO DO TRABALHO: SUBTÍTULO

Monografia apresentada no curso de Engenharia de Software da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Software. Área de concentração: Computação.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

---

Nome do seu Orientador (Orientador)  
Campus Quixadá  
Universidade Federal do Ceará – UFC

---

Nome Co-orientador (Co-Orientador)  
Campus Quixadá  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Membro da Banca Dois  
Campus Quixadá  
Universidade Federal do Ceará - UFC

---

Membro da Banca Três  
Campus Quixadá  
Universidade Federal do Ceará - UFC

A Deus.

Aos meus pais, Xxxxx e Xxxxxx.

## **AGRADECIMENTOS**

À CAPES, pelo apoio financeiro com a manutenção da bolsa de auxílio.

Ao Prof. Dr. Xxxxx Xxxxx Xxxxx, pela excelente orientação.

Aos professores participantes da banca examinadora Xxxxx Xxxxx Xxxxx e Xxxxx Xxxxx Xxxxx pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

Aos professores entrevistados, pelo tempo concedido nas entrevistas.

Aos colegas da turma de mestrado, pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

“Coloque aqui a epígrafe de sua escolha com  
indicação de autoria”

(Autor da Epígrafe)

## **RESUMO**

Apresentação concisa dos pontos relevantes do documento, fornecendo uma visão rápida e clara do conteúdo. Deve ser informativo, conter de 150 a 500 palavras, apresentando finalidades, metodologia, resultados e conclusões. Deve-se usar o verbo na voz ativa e na terceira pessoa do singular. Deve ser redigido em parágrafo único, mesma fonte do trabalho, e espaçamento entrelinhas 1,5.

**Palavras-chave:** Palavra Chave 1. Palavra Chave 2. Palavra Chave 3. Palavra Chave 4.



## **ABSTRACT**

Tradução do resumo em língua vernácula para outro idioma de propagação internacional (em inglês ABSTRACT, em francês RESUMÉ, em espanhol RESUMEN).

**Keywords:** Keyword 1. Keyword 2. Keyword 3. Keyword 4

## **LISTA DE FIGURAS**

## **LISTA DE TABELAS**

## **LISTA DE QUADROS**

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
PUCPR	Pontifícia Universidade Católica do Paraná
SIBI	Sistema Integrado de Bibliotecas
trad.	Tradutor

## LISTA DE SÍMBOLOS

\$	Dólar
%	Porcentagem

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>TRABALHOS RELACIONADOS . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Quando parece ser cabível o inverso . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>3.0.1</b>	<b><i>Programação Linear</i> . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>3.0.2</b>	<b><i>Programação Inteira</i> . . . . .</b>	<b>22</b>
<b>3.0.3</b>	<b><i>Educational Timetabling</i> . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>3.0.3.1</b>	<b><i>School Timetabling</i> . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>3.0.3.2</b>	<b><i>Course Timetabling</i> . . . . .</b>	<b>23</b>
<b>3.0.3.3</b>	<b><i>Examination Timetabling</i> . . . . .</b>	<b>24</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>25</b>
	<b>APÊNDICE A – LOREM IPSUM . . . . .</b>	<b>26</b>
	<b>APÊNDICE B – MODELO DE CAPA . . . . .</b>	<b>27</b>
	<b>ANEXO A – EXEMPLO DE ANEXO . . . . .</b>	<b>28</b>
	<b>ANEXO B – DINÂMICA DAS CLASSES SOCIAIS . . . . .</b>	<b>29</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Antes do início de um semestre letivo, as universidades realizam uma série de tarefas afim de se preparar para as atividades de um novo semestre. Entre essas tarefas se encontra a alocação de professores em disciplinas, que lida com o problema de alocar professores em disciplinas e disciplinas nos horários de aula respeitando um conjunto de restrições. O problema se torna difícil de resolver quando lidamos com um grande volume de dados. Isso se dá por alguns motivos, que vão desde a quantidade de restrições envolvidas até as preferências concorrentes dos professores. Doravante, chamaremos esse problema de **PAPD (problema de alocação de professores em disciplinas)**.

No campus da **Universidade Federal do Ceará em Quixadá (UFC-Quixadá)**, a direção do campus e os coordenadores de curso participam da definição da grade de horários acadêmicos. Nela está definida toda a alocação do campus, tanto de professores em disciplinas quanto de disciplinas na grade de horários.

A alocação de professores na UFC-Quixadá atualmente é feita de forma automatizada. (falar do que nosso modelo propõe de novo e qual a vantagem disso)

Dentro do contexto de uma Universidade, conseguimos identificar três grupos de pessoas que são diretamente afetadas pelo PAPD, seja pela alocação gerada ou pelo método utilizado para fazer a alocação. São eles: os professores, os alunos e os responsáveis por gerar a alocação. Os professores têm suas preferências quanto às disciplinas que vão ministrar. Eles também podem ter um conjunto de horários indesejáveis para dar aula, como por exemplo: a última aula da noite de terça e primeira aula da manhã de quarta. Os alunos por sua vez, são diretamente afetados por uma alocação que coloque em choque os horários de duas ou mais disciplinas que eles desejam cursar. Quanto aos responsáveis pela alocação, esses lidam com um volume de trabalho que cresce de forma exponencial em função da quantidade de dados envolvidos na alocação.

No trabalho de Dodó (2011), é proposta uma forma de modelar o PAPD a partir dos conceitos da Teoria dos Jogos. Esse trabalho também leva em conta as restrições da alocação da UFC-Quixadá, de forma que uma solução do modelo proposto no trabalho satisfaz todas as restrições considerando a preferência por disciplinas dos professores. Lach e Lübbecke (2012) apresentam um modelo de Programação Linear Inteira baseado no conjunto de restrições das instâncias da *2nd International Timetabling Competition* (??). Esse modelo resolve as instâncias em dois passos: primeiro associa disciplinas com seus horários e depois associa esses horários às



salas de aula. Esse trabalho aborda o problema com dois tipos de restrições: *Hard* e *Soft*.

O restante deste artigo está dividido da seguinte forma: na Seção 2, apresentamos uma breve definição de Programação Inteira; na Seção 3, apresentamos um modelo de Programação Inteira para o PAPD; por fim, na Seção 4 estão os trabalhos futuros desta pesquisa.

A primeira versão da introdução da monografia pode ser uma cópia da introdução do projeto de pesquisa correspondente. Esta versão inicial será revisada à medida que o texto avança. A principal revisão é quando se termina todo o trabalho. A introdução é a primeira parte a ser escrita, uma vez que guia todo o trabalho, e também a última ser revisada. Enuncia-se o propósito geral do trabalho. A área é brevemente contextualizada, o que será aprofundado na seção trabalhos relacionados. Uma vez contextualizado percebe-se a relevância do estudo proposto bem como seu público alvo. Ao final da introdução, ou perto do final, o objetivo geral e os específicos são enunciados na sequência do texto, sem usar marcadores. Ao longo de todo o trabalho, convém usar a palavra “objetivo” exclusivamente para se referir os objetivos do seu trabalho. A capa e todo o texto devem ser digitados em fonte tamanho 12, e recomendamos Times New Roman. A alternativa é apenas Arial que, ao contrário do que sugere a norma, seu tamanho 11 é mais equivalente ao Times New Roman 12. Outros elementos poderão terão letra 10 pontos, como observado neste arquivo. Na dúvida, veja as normas. O texto deve ser justificado, exceto as referências no final do trabalho, que devem ser alinhadas à esquerda. Todos os autores citados devem ter a referência incluída na lista de referências posicionada no final no trabalho. Em trabalhos de graduação, encontram-se denominações das partes do trabalho como Capítulos ou como Seção, porque capítulo também é conhecido como seção primária. O autor pode optar pelo que preferir, desde que padronize a nomenclatura em todo o texto. Está previsto quebra de página entre as Seções primárias. Tipicamente, a introdução é concluída apresentando cada Seção/Capítulo que a segue.

## 2 TRABALHOS RELACIONADOS

No cotidiano, um bom ponto de partida para se resolver um problema é procurar soluções já existentes para utilizá-las. Costumeiramente, as soluções que já existentes não se aplicam diretamente ao nosso caso, precisando ser adaptadas. Assim, antes de se começar a resolver questões de pesquisa, é preciso conhecer o que existe de mais atual no seu tema.

Usando a abordagem de Wazlawick (2014) para explicar a necessidade de se conhecer a área de estudo, cabe lembrar que antes de se construir uma nova ponte é importante conhecer os tipos de pontes que já existem; é preciso conhecer qual a atualidade do assunto estudado. Do contrário, pode estar construindo uma catapulta achando que se trata da melhor forma de atravessar um rio!

Para conhecer a atualidade do tema de estudo proposto, o ideal seria fazer o vasto levantamento do que se tem estudado ou praticado sobre o tema. Entretanto, em cursos de graduação em geral não há tempo para tanto, a menos que o objeto do estudo seja justamente o levantamento do estado da arte. Na impossibilidade de realiza-lo, deve-se pelo menos fazer um levantamento por amostragem. Tal amostra consiste de um conjunto de trabalhos relacionados: uma boa seleção de textos encontrados em periódicos e eventos relevantes para a área estudada. O levantamento é facilitado quando se encontram materiais denominados surveys (levantamentos), podendo ser compilações de:

- **Estado-da-arte:** artigos que apresentem conceitos mais recentes, estabelecidos na literatura científica;
- **Estado-da-prática:** semelhante ao anterior, mas com foco no que está estabelecido atualmente como status quo da prática profissional.

Na escrita desta seção, deve-se evitar usar a palavra “trabalho” para se referir tanto à própria pesquisa quanto à de outro autor, sugere-se:

- em vez de “o trabalho de Bittar (2001) prevê que ...”,
- utilizar-se simplesmente “Bittar (2001) prevê que....”.

Apenas a partir do momento em que se conhece o estado da arte (ou prática), seja plenamente ou por uma amostra de trabalhos relacionados, é que o pesquisador está pronto para adequadamente identificar e possíveis pesquisas a serem realizadas. O anúncio de seus objetivos, portanto, ocorre após tecer considerações sobre o estado do conhecimento ou prática em sua área de estudo.

### **Quando parece ser cabível o inverso**

Em algumas situações, o pesquisador tende a apresentar primeiro seu objeto de estudo e apenas depois o estado da arte. Observa-se que tais situações ocorrem quando o problema de pesquisa é extraído do cotidiano do pesquisador. Por exemplo: “não estou conseguindo bom resultado com determinado processo de trabalho, e vou pesquisar como melhorá-lo”.

Nesta situação, há uma tendência a primeiro se definir objetivo e só depois fazer um levantamento do estado da arte/prática. Mas qual seria então o propósito do tal levantamento? Buscar soluções semelhantes que auxiliem na elaboração da solução buscada? Se assim o for, então tais trabalhos relacionados não estariam também contribuindo para um refinamento na definição dos objetivos da pesquisa?

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esse capítulo apresenta os conceitos fundamentais para a compreensão deste trabalho. A Seção 4.1 apresenta os conceitos de Programação Linear. A Seção 4.2 descreve Programação Inteira, evidenciando o que difere um modelo de Programação Inteira de um modelo de Programação Linear. A Seção 4.3 apresenta uma visão geral dos problemas de *Educational Timetabling*. Para detalhes além dos apresentados a seguir, indicamos: Schrijver (1998), Bertsimas e Tsitsiklis (1997) e Hillier e Lieberman (2010).

#### *Programação Linear*

Um modelo de **Programação Linear (PL)** é constituído por um conjunto de variáveis. Essas variáveis compõem uma função linear objetivo, além de um conjunto de equações e inequações lineares que representam as restrições do modelo. Solucionar um problema de PL é encontrar um valor para cada uma das variáveis que respeite todas as restrições e minimize o custo da função objetivo (BERTSIMAS; TSITSIKLIS, 1997).

Considere o seguinte problema de PL<sup>1</sup>:

#### **Exemplo 1.**

minimizar

$$2x_1 - x_2 + 4x_3$$

sujeito a

$$x_1 + x_2 + x_4 \leq 2$$

$$3x_2 - x_3 = 5$$

$$x_3 + x_4 \geq 3$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_3 \leq 0$$

No exemplo acima,  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  e  $x_4$  são as variáveis do modelo. São compostas por elas a **função objetivo**  $2x_1 - x_2 + 4x_3$ , e as **restrições**  $x_1 + x_2 + x_4 \leq 2$ ,  $3x_2 - x_3 = 5$ ,  $x_3 + x_4 \geq 3$ ,  $x_1 \geq 0$  e  $x_3 \leq 0$ . As duas últimas restrições são **restrições de integridade** das variáveis  $x_1$  e  $x_3$ . Essas restrições têm como intuito estabelecer os limites (superiores ou inferiores) das variáveis.

<sup>1</sup> O problema e os conceitos apresentados adiante foram retirados de Bertsimas e Tsitsiklis (1997)

As demais variáveis que não possuem restrições de integridade, são chamadas **variáveis livres** e podem assumir qualquer valor pertencente ao conjunto dos números reais.

As restrições representadas por inequações ou equações podem assumir os formatos  $ax^T \leq b$ ,  $ax^T \geq b$  ou  $ax^T = b$ , onde  $a = (a_1, a_2, \dots, a_n)$  e  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  são **vetores linha**, e  $b$  é um **escalar** qualquer (mais à frente veremos uma forma mais geral de representar todas as restrições). Se considerarmos a segunda restrição do exemplo acima, temos  $a = (0, 3, -1, 0)$  e  $b = 5$ . A função objetivo tem a forma  $cx^T$ , onde  $c = (c_1, c_2, \dots, c_n)$  e  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ . As expressões  $cx^T$  da função objetivo e  $ax^T$  das restrições podem ser escritas como  $\sum_{i=1}^n c_i x_i$  e  $\sum_{i=1}^n a_i x_i$ , respectivamente.

As variáveis envolvidas no modelo são chamadas **variáveis de decisão**. Uma valoração para as variáveis de decisão que satisfaça todas as restrições é chamada **solução viável**. O conjunto de todas as soluções viáveis é chamado **conjunto viável** ou **conjunto de possibilidades**. Dado um conjunto de soluções viáveis de um problema de PL qualquer, a solução viável pertencente a esse conjunto que tenha menor valor segundo a função objetivo é chamada **solução viável ótima** ou simplesmente **solução ótima**. Quando a natureza do problema é de maximização, pode-se tratar a função de maximização utilizando seu valor oposto e transformando-a em uma função de minimização equivalente. Note que maximizar  $cx^T$  equivale a minimizar  $-cx^T$ .

Um problema de PL pode ter sua representação generalizada da seguinte forma: considere as restrições representadas por equações ( $ax^T = b$ ). Podemos reescrevê-las como um par de inequações  $ax^T \leq b$  e  $ax^T \geq b$ . Restrições com o formato  $ax^T \leq b$ , podem ser reescritas como  $(-a)x^T \geq -b$  e restrições de integridade podem ser escritas como inequações, onde  $a$  tem apenas um valor não nulo. Podemos também representar todos coeficientes de todas as restrições como uma única matriz  $A$  de dimensões  $m \times n$ , onde cada linha é um vetor de coeficientes de uma única restrição. As variáveis de decisão seriam um vetor  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  e  $b$  representaria o vetor  $(b_1, b_2, \dots, b_m)$ .

Portanto, podemos generalizar um problema de PL escrevendo-o da seguinte forma:

minimizar

$$cx^T$$

sujeito a

$$Ax^T \geq b^T$$

Reescrevendo as restrições do Exemplo 1, temos:

$$\begin{pmatrix} -1 & -1 & 0 & -1 \\ 0 & 3 & -1 & 0 \\ 0 & -3 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix} \geq \begin{pmatrix} -2 \\ 5 \\ -5 \\ 3 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

E para a função objetivo:

$$\begin{pmatrix} 2 & -1 & 4 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \end{pmatrix}$$

Como ilustração, considere o seguinte exemplo de Hillier e Lieberman (2010):

**Exemplo 2.** Uma determinada empresa fabrica produtos de vidro, entre os quais janelas e portas de vidro. A empresa possui três fábricas industriais. As esquadrias de alumínio e ferragens são feitas na Fábrica 1, as esquadrias de madeira são produzidas na Fábrica 2 e, finalmente, a Fábrica 3 produz o vidro e monta os produtos.

A empresa decidiu que produtos não rentáveis estão sendo descontinuados, liberando capacidade produtiva para o lançamento de dois novos produtos com grande potencial de vendas:

**Produto 1:** Uma porta de vidro de 2,5 m com esquadria de alumínio

**Produto 2:** Uma janela duplamente adornada com esquadrias de madeira de  $1,20 \times 1,80m$

O produto 1 requer parte da capacidade produtiva das Fábricas 1 e 3, mas nenhuma da Fábrica 2. O produto 2 precisa apenas das Fábricas 2 e 3. A empresa poderia vender tanto quanto fosse possível produzir desses produtos por essas fábricas. Entretanto, pelo fato de ambos os produtos poderem estar competindo pela mesma capacidade produtiva na Fábrica 3, não está claro qual mix dos dois produtos seria o mais lucrativo. O problema então é definido da seguinte forma:

Determinar quais devem ser as taxas de produção para ambos os produtos de modo a maximizar o lucro total, sujeito às restrições impostas pelas capacidades produtivas limitadas disponíveis nas três fábricas. (Cada produto será fabricado em lotes de 20, de forma que a taxa

de produção é definida como o número de lotes produzidos por semana.) É permitida qualquer combinação de taxas de produção que satisfaça essas restrições, inclusive não produzir nada de um produto e o máximo possível do outro.

Obtendo estimativas razoáveis, os dados coletados foram os seguintes:

- A Fábrica 1 leva uma hora para produzir um lote do produto 1 e tem quatro horas de produção disponíveis por semana.
- A Fábrica 2 leva duas horas para produzir um lote do produto 2 e tem doze horas de produção disponíveis por semana.
- A Fábrica 3 leva três horas para produzir um lote do produto 1, duas horas para produzir um lote do produto dois e tem dezoito horas de produção disponíveis por semana.
- O lucro por lote obtido pelo produto 1 é de U\$ 3.000 e o lucro por lote do produto 2 é U\$ 5.000.

Para formular o modelo matemático (PL) para esse problema, façamos:

$x_1$  = número de lotes do produto 1 produzido semanalmente

$x_2$  = número de lotes do produto 2 produzido semanalmente

$Z$  = lucro total por semana (em milhares de dólares) obtido pela produção desses dois produtos

Portanto,  $x_1$  e  $x_2$  são as variáveis de decisão para o modelo. Usando-se as informações de lucro obtemos:

$$Z = 3x_1 + 5x_2$$

O objetivo é escolher os valores de  $x_1$  e  $x_2$  de forma a maximizar  $Z = 3x_1 + 5x_2$ , sujeito às restrições impostas em seus valores por limitações de capacidade de produção disponível nas três fábricas. As informações obtidas indicam que cada lote de produto 1 fabricado por semana usa uma hora de tempo de produção por semana na Fábrica 1, ao passo que estão disponíveis somente quatro horas semanais. Essa restrição é expressa matematicamente pela inequação  $x_1 \leq 4$ . Similarmente, a Fábrica 2 impõe a restrição  $2x_2 \leq 12$ . O número de horas de produção usado semanalmente na Fábrica 3 escolhendo-se  $x_1$  e  $x_2$  como as taxas de produção dos novos produtos seria  $3x_1 + 2x_2$ . Portanto, a declaração matemática da restrição da Fábrica 3 é  $3x_1 + 2x_2 \leq 18$ . Finalmente, já que as taxas de produção não podem ser negativas, é necessário restringir as variáveis de decisão para serem não-negativas:  $x_1 \geq 0$  e  $x_2 \geq 0$ .

Em suma, na linguagem matemática da PL, o problema é escolher os valores de  $x_1$  e  $x_2$  de forma a

maximizar

$$Z = 3x_1 + 5x_2$$

sujeito a

$$x_1 \leq 4$$

$$2x_2 \leq 12$$

$$3x_1 + 2x_2 \leq 18$$

$$x_1 \geq 0$$

$$x_2 \geq 0$$

Dado um modelo de PL de um determinado problema, utiliza-se *solvers* como o *CPLEX* (IBM, 2016) para obter uma solução para o problema. Portanto, a principal dificuldade em trabalhar com PL é produzir um modelo para o problema, visto que uma solução para o mesmo pode ser encontrada em tempo polinomial (LUENBERGER; YE, 1984).

### ***Programação Inteira***

Na seção anterior foram apresentadas as variáveis de decisão e o seu papel na modelagem dos problemas de PL. Elas podem assumir qualquer valor pertencente ao conjunto dos números reais desde de que esse valor respeite as restrições do modelo. Porém, em muitos problemas do mundo real, as variáveis de decisão só fazem sentido se assumirem valores inteiros. Quando modelamos um problema de PL onde todas as variáveis de decisão têm a restrição de só assumirem valores inteiros, chamamos o modelo gerado de um modelo de **Programação Linear Inteira** ou simplesmente **Programação Inteira (PI)**. Também são encontrados problemas em que só parte das variáveis de decisão necessitam ser inteiras. Esses são chamados problemas de **Programação Inteira Mista (PIM)**.

Há casos mais específicos de PI onde as variáveis representam decisões binárias. Por exemplo:  $x_i = 1$ , se a decisão  $i$  for *sim* e  $x_i = 0$ , se a decisão  $i$  for *não*. Modelos de PI que tenham variáveis de decisão binárias são também chamados modelos de **Programação Inteira Binária (PIB)**.



Considere o Exemplo 2, apresentado na seção anterior. Se for adicionada a restrição de que só serão contabilizados lotes inteiros, teríamos que  $x_1$  e  $x_2$  só poderiam assumir valores inteiros não negativos. O problema inicialmente proposto como um problema de PL se tornaria um problema de PI.

Problemas de PI puros (que só possuem variáveis inteiras) com uma região de soluções viáveis limitada têm a garantia de possuírem apenas um número finito de soluções viáveis. Isso pode dar a falsa impressão de que problemas de PI são fáceis de resolver, porém isso não é verdade (HILLIER; LIEBERMAN, 2010). Schrijver (1998) demonstra que resolver um problema de PI em sua versão de decisão é um problema NP-completo.

### ***Educational Timetabling***

***Educational Timetabling*** trata de problemas de alocação envolvendo universidades e escolas de ensino médio. Kingston (2013) divide esses problemas em três classes de problemas, são eles: *school timetabling*, *course timetabling* e *examination timetabling*. *School timetabling* se refere a problemas de alocação em escolas de ensino médio. Os outros dois, *course timetabling* e *examination timetabling*, tratam de problemas de alocação de horários de disciplinas e provas em universidades. Adiante será dada uma explicação mais precisa sobre cada uma dessas classes de problemas.

#### ***School Timetabling***

No problema de ***school timetabling***, a alocação é dada para ciclos semanais ou quinzenais. Os horários são particionados em períodos de mesmo tamanho. O problema também tem a característica de que os estudantes estão agrupados em classes (KINGSTON, 2004). A forma tradicional do problema consiste na atribuição de aulas a períodos de tal forma que nenhum professor ou classe se envolva em mais de uma aula ao mesmo tempo (ŠLECHTA, 2004).

#### ***Course Timetabling***

***Course timetabling*** é um problema de alocação voltado para as universidades. Nesse problema, um conjunto de disciplinas devem ser associadas a uma grade de horários e a um conjunto salas de aula. Além disso, determinadas restrições devem ser respeitadas: um professor não pode estar associado a mais de uma disciplina em um mesmo período; uma sala de aula

não pode receber dois cursos ao mesmo tempo; disciplinas de um mesmo curso não podem compartilhar um período, etc. Se for impossível satisfazer todas as restrições, o número de restrições violadas deve ser minimizado (LACH; LÜBBECKE, 2012).

Para Schaerf (1999), *course timetabling* envolve a alocação semanal de aulas de uma universidade, de forma que minimize os choques de horários entre cursos que tenham alunos em comum.

Diferente de *school timetabling*, *course timetabling* não agrupa os alunos em classes. O problema nessa forma leva em conta as escolhas individuais dos alunos quanto as disciplinas a serem cursadas (KINGSTON, 2004).

Este trabalho trata de um problema similar aos de *course timetabling*, onde são levadas em conta problemas encontrados no processo de alocação da UFC-Quixadá. Por esse motivo, o problema abordado aqui tem algumas diferenças com relação aos de *course timetabling*. Um exemplo é a alocação em salas de aulas, que não é levada em conta neste trabalho. São consideradas aqui apenas as alocações de professores em disciplinas, e de disciplinas em horários.

### *Examination Timetabling*

*Examination timetabling* é definido como sendo a atribuição de um conjunto de exames (ou provas) a um número limitado de horários sujeito a um conjunto de restrições (YANG; PETROVIC, 2004). Essa alocação deve evitar choque de horários entre exames de cursos que tenham alunos em comum (SCHAERF, 1999).

Assim como *course timetabling*, esse é um problema encontrado nas universidades. A característica principal que difere ambos, é a restrição quanto aos choques de horários entre disciplinas ou exames que tenham alunos em comum. *course timetabling* tenta minimizar esses choques de horários, enquanto que *examination timetabling* deve proibi-los.

## REFERÊNCIAS

- BERTSIMAS, D.; TSITSIKLIS, J. N. **Introduction to linear optimization**. [S.l.]: Athena Scientific Belmont, MA, 1997. v. 6.
- HILLIER, F. S.; LIEBERMAN, G. J. **Introdução à pesquisa operacional**. [S.l.]: McGraw Hill, 2010.
- IBM. **IBM ILOG CPLEX Optimization Studio**. 2016. Disponível em: <<http://www-03.ibm.com/software/products/pt/ibmilogcpleoptistud>>. Acesso em: 19 Maio 2016.
- KINGSTON, J. H. A tiling algorithm for high school timetabling. In: **Practice and Theory of Automated Timetabling V**. [S.l.]: Springer, 2004. p. 208–225.
- KINGSTON, J. H. Educational timetabling. In: **Automated Scheduling and Planning**. [S.l.]: Springer, 2013. p. 91–108.
- LACH, G.; LÜBBECKE, M. E. Curriculum based course timetabling: new solutions to udine benchmark instances. **Annals of Operations Research**, Springer, v. 194, n. 1, p. 255–272, 2012.
- LUENBERGER, D. G.; YE, Y. **Linear and nonlinear programming**. [S.l.]: Springer, 1984. v. 2.
- SCHAERF, A. A survey of automated timetabling. **Artificial intelligence review**, Springer, v. 13, n. 2, p. 87–127, 1999.
- SCHRIJVER, A. **Theory of linear and integer programming**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 1998.
- ŠLECHTA, P. Decomposition and parallelization of multi-resource timetabling problems. In: **Practice and Theory of Automated Timetabling V**. [S.l.]: Springer, 2004. p. 177–189.
- WAZLAWICK, R. **Metodologia de Pesquisa para Ciência da Computação, 2ª Edição**. [S.l.]: Elsevier Brasil, 2014. v. 2.
- YANG, Y.; PETROVIC, S. A novel similarity measure for heuristic selection in examination timetabling. In: **Practice and Theory of Automated Timetabling V**. [S.l.]: Springer, 2004. p. 247–269.

## APÊNDICE A – LOREM IPSUM

O que temos em nosso corpo: apêndice ou anexo? Apêndice contém o que foi desenvolvido pelo autor. Anexo contém o que foi criado por outros autores.

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## **APÊNDICE B – MODELO DE CAPA**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

## **ANEXO A – EXEMPLO DE ANEXO**

Aliquam lectus. Vivamus leo. Quisque ornare tellus ullamcorper nulla. Mauris porttitor pharetra tortor. Sed fringilla justo sed mauris. Mauris tellus. Sed non leo. Nullam elementum, magna in cursus sodales, augue est scelerisque sapien, venenatis congue nulla arcu et pede. Ut suscipit enim vel sapien. Donec congue. Maecenas urna mi, suscipit in, placerat ut, vestibulum ut, massa. Fusce ultrices nulla et nisl.

## **ANEXO B – DINÂMICA DAS CLASSES SOCIAIS**

Etiam ac leo a risus tristique nonummy. Donec dignissim tincidunt nulla. Vestibulum rhoncus molestie odio. Sed lobortis, justo et pretium lobortis, mauris turpis condimentum augue, nec ultricies nibh arcu pretium enim. Nunc purus neque, placerat id, imperdiet sed, pellentesque nec, nisl. Vestibulum imperdiet neque non sem accumsan laoreet. In hac habitasse platea dictumst. Etiam condimentum facilisis libero. Suspendisse in elit quis nisl aliquam dapibus. Pellentesque auctor sapien. Sed egestas sapien nec lectus. Pellentesque vel dui vel neque bibendum viverra. Aliquam porttitor nisl nec pede. Proin mattis libero vel turpis. Donec rutrum mauris et libero. Proin euismod porta felis. Nam lobortis, metus quis elementum commodo, nunc lectus elementum mauris, eget vulputate ligula tellus eu neque. Vivamus eu dolor.