UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE COMPUTAÇÃO

GELINTON PABLO MARIANO

RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO DE HORÁRIOS DE DISCIPLINAS DO CCA-UFES UTILIZANDO A META-HEURÍSTICA ALNS

ALEGRE - ES
2014

GELINTON PABLO MARIANO

RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO DE HORÁRIOS DE DISCIPLINAS DO CCA-UFES UTILIZANDO A META-HEURÍSTICA ALNS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Computação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.
Orientador: Prof. Dr. Geraldo Regis Mauri.

ALEGRE - ES
2014

GELINTON PABLO MARIANO

RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DE PROGRAMAÇÃO DE HORÁRIOS DE DISCIPLINAS DO CCA-UFES UTILIZANDO A META-HEURÍSTICA ALNS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Computação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Aprovado em 24 de fevereiro de 2014.

COMISSÃO EXAMIDADORA

Prof. Dr. Geraldo Regis Mauri
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

Prof. M.Sc. Antônio Almeida de Barros Junior
Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. M.Sc. Edmar Hell Kampke
Universidade Federal do Espírito Santo

Dedico esta pesquisa a todos aqueles que acreditam no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, em primeiro lugar, por esta abençoada conquista.

À minha família que me apoiou e incentivou nesta jornada.

À minha namorada Bruna que sempre esteve ao meu lado.

Aos meus amigos, Romulo, Vinicius e André pelo companheirismo e trabalhos realizados juntos.

Ao Felipe e demais companheiros de república.

Aos professores, em especial ao Geraldo, Edmar e Antonio, pelos conhecimentos partilhados.

Ao Clayton pela cobrança na realização de seus trabalhos.

Enfim, a todos aqueles que participaram do meu crescimento pessoal e acadêmico.

RESUMO

Atualmente, as Instituições de Ensino Superior (IES) têm grande dificuldade em montar de maneira adequada os horários das disciplinas dos cursos, devido aos inúmeros requisitos pedagógicos, pessoais e institucionais envolvidos. Este trabalho tem como objetivo desenvolver e aplicar uma nova alternativa para resolver o Problema de Programação de Horários de Disciplinas em Universidades (PPHDU). O PPHDU é um problema clássico na área de otimização combinatória e tem grande relevância prática e teórica. Para solucionar o problema, foi utilizada a meta-heurística *Adaptive Large Neighborhood Search* (ALNS) que, além de ser um método recente, tem apresentado bons resultados para outros problemas complexos. Com o intuito de avaliar o desempenho da ALNS para resolução do PPHDU, foram utilizados os dados referentes à oferta de disciplinas do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES) realizada no período letivo 2013/2.

Palavras-chave: Problema de Programação de Horários de Disciplinas em Universidades; *Timetabling*; *Adaptive Large Neighborhood Search*; Meta-heurística.

SOLVING THE UNIVERSITY COURSE TIMETABLING PROBLEM IN CCA-UFES BY USING THE ALNS METAHEURISTIC

ABSTRACT

Currently, Higher Education Institutions (HEI) have great difficulty in properly assembling the schedule of academic courses due to the several educational, personal and institutional requirements. This research aims to develop and apply a new alternative to solve the University Course Timetabling Problem (UCTP). The UCTP is a classical problem in the area of combinatorial optimization and has great practical and theoretical relevance. To solve the problem, the Adaptive Large Neighborhood Search (ALNS) meta-heuristic was used. ALNS is a recent method and has presented good results for other complex problems. In order to evaluate the performance of ALNS for the resolution of UCTP, we have used data from the disciplines offered by the Center for Agrarian Sciences at Federal University of Espírito Santo (CCA-UFES) in the second semester of 2013.

Keywords: University Course Timetabling Problem; Timetabling; Adaptive Large Neighborhood Search; Metaheuristic.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura da entidade professor. 21
Figura 2 - Estrutura da entidade disciplina. 21
Figura 3 - Estrutura da entidade sala. 22
Figura 4 - Estrutura da entidade turma. 22
Figura 5 - Estrutura da entidade oferta. 22
Figura 6 - Exemplo de alocação de várias ofertas. 23
Figura 7 - Exemplo da montagem da grade de horário de um professor. 24
Figura 8 - Exemplo da grade de horários de uma sala de aula X. 25
Figura 9 - Exemplo da grade de horários de uma sala de aula Y. 25
Figura 10 - Exemplo da grade de horários da turma 1. 26
Figura 11 - Exemplo da grade de horários da turma 2. 26
Figura 12 - Exemplo da grade de horários da turma 3. 27
Figura 13 - Exemplo da grade de horários do professor A. 27
Figura 14 - Exemplo da grade de horários do professor B. 28
Figura 15 - Exemplo da grade de horários do professor C. 28
Figura 16 - Exemplo de criação de uma solução inicial para a ALNS. 33
Figura 17 - Pseudocódigo da ALNS implementada. 34
Figura 18 - Exemplo de solução para uma sala. 35
Figura 19 - Pseudocódigo da HRS1. 36
Figura 20 - Solução sem a oferta 12 removida pela HRS1. 36
Figura 21 - Solução sem as ofertas removidas pela HRS1. 37
Figura 22 - Pseudocódigo da HRA. 37
Figura 23 - Remoção de três ofertas aleatórias. 38
Figura 24 - Pseudocódigo da HRP. 38
Figura 25 - Solução com ofertas removidas pela HRP. 39
Figura 26 - Solução do CCA-UFES: 1º período de Ciência da Computação. 54
Figura 27 - Solução do CCA-UFES: 3º período de Ciência da Computação. 54
Figura 28 - Solução do CCA-UFES: 5º período de Ciência da Computação. 55
Figura 29 - Solução do CCA-UFES: 7º período de Ciência da Computação. 55
Figura 30 - Solução do CCA-UFES: 1º período de Sistemas de Informação. 56
Figura 31 - Solução do CCA-UFES: 3º período de Sistemas de Informação. 56

Figura 32 - Solução do CCA-UFES: 5º período de Sistemas de Informação. 57
Figura 33 - Solução do CCA-UFES: 7º período de Sistemas de Informação. 57
Figura 34 - Solução do CCA-UFES: 9º período de Sistemas de Informação. 58
Figura 35 - Solução do CCA-UFES: 1º período de Agronomia. 58
Figura 36 - Solução do CCA-UFES: 2º período de Ciências Biológicas.....59
Figura 37 - Solução do CCA-UFES: 3º período de Engenharia de Alimentos.....59
Figura 38 - Solução do CCA-UFES: 2º período de Engenharia Florestal.....60
Figura 39 - Solução do CCA-UFES: 3º período de Engenharia de Madeira. 60
Figura 40 - Solução do CCA-UFES: 1º período de Engenharia Química. 61
Figura 41 - Solução do CCA-UFES: 3º período de Geologia. 61
Figura 42 - Solução do CCA-UFES: 1º período de Matemática. 62
Figura 43 - Solução do CCA-UFES: 5º período de Matemática. 62
Figura 44 - Solução do CCA-UFES: 2º período de Nutrição. 63
Figura 45 - Solução da ALNS: 1º período de Ciência da Computação. 64
Figura 46 - Solução da ALNS: 3º período de Ciência da Computação. 64
Figura 47 - Solução da ALNS: 5º período de Ciência da Computação. 65
Figura 48 - Solução da ALNS: 7º período de Ciência da Computação. 65
Figura 49 - Solução da ALNS: 1º período de Sistemas de Informação. 66
Figura 50 - Solução da ALNS: 3º período de Sistemas de Informação. 66
Figura 51 - Solução da ALNS: 5º período de Sistemas de Informação. 67
Figura 52 - Solução da ALNS: 7º período de Sistemas de Informação. 67
Figura 53 - Solução da ALNS: 9º período de Sistemas de Informação. 68
Figura 54 - Solução da ALNS: 1º período de Agronomia. 68
Figura 55 - Solução da ALNS: 2º período de Ciências Biológicas. 69
Figura 56 - Solução da ALNS: 3º período de Engenharia de Alimentos. 69
Figura 57 - Solução da ALNS: 2º período de Engenharia Florestal. 70
Figura 58 - Solução da ALNS: 3º período de Engenharia de Madeira. 70
Figura 59 - Solução da ALNS: 1º período de Engenharia Química. 71
Figura 60 - Solução da ALNS: 3º período de Geologia. 71
Figura 61 - Solução da ALNS: 1º período de Matemática. 72
Figura 62 - Solução da ALNS: 5º período de Matemática. 72
Figura 63 - Solução da ALNS: 2º período de Nutrição. 73

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos parâmetros utilizados pela ALNS.....33
Tabela 2 - Lista das disciplinas oferecidas pelo DCOMP. 40
Tabela 3 - Lista de professores do DCOMP. 42
Tabela 4 - Lista dos locais utilizados pelo DCOMP. 42
Tabela 5 - Lista das turmas para as quais houve oferta. 43
Tabela 6 - Lista das ofertas disponibilizadas pelo DCOMP. 44
Tabela 7 - Parâmetros utilizados pela ALNS. 48
Tabela 8 - Penalizações da função objetivo. 48
Tabela 9 - Comparativo entre os resultados obtidos pela ALNS. 49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALNS **–** *Adaptive Large Neighborhood Search*

CCA-UFES **–** Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo

DCOMP **–** Departamento de Computação

FO **–** Função Objetivo

HID **–** Heurística de inserção por delta de remoção

HIG **–** Heurística de inserção gulosa

HIO **–** Heurística de inserção ordenada

HRP **–** Heurística de remoção do pior

HRR **–** Heurística de remoção randômica

HRS1 **–** Heurística de remoção de Shaw baseada na carga horária da oferta

HRS2 **–** Heurística de remoção de Shaw baseada no número de vagas

IE **–** Instituição de Ensino

ILS **–** *Iterated Local Search*

LNS **–** *Large Neighborhood Search*

OC **–** Otimização Combinatória

PPH **–** Problema de Programação de Horários

PPHDU **–** Problema de Programação de Horários de Disciplinas em Universidades

SA **–** *Simulated Annealing*

VND **–** *Variable Neighborhood Descent*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13
1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA 13
1.2 OBJETIVOS 17
1.2.1 Objetivo geral 17
1.2.2 Objetivos específicos 17
2 REVISÃO DA LITERATURA 19
3 METODOLOGIA 21
3.1 MODELAGEM DO PROBLEMA 21
3.2 REPRESENTAÇÃO DE UMA SOLUÇÃO 24
3.3 ADAPTIVE LARGE NEIGHBORHODD SEARCH 28
3.4 HEURÍSTICAS DE REMOÇÃO E INSERÇÃO 34
3.4.1 Heurística de remoção de Shaw baseada na carga horária da oferta (HRS1) 35
3.4.2 Heurística de remoção de Shaw baseada no número de vagas (HRS2) 37
3.4.3 Heurística de remoção randômica (HRR) 37
3.4.4 Heurística de remoção da pior (HRP) 38
3.4.5 Heurística de inserção ordenada (HIO) 39
3.4.6 Heurística de inserção por delta de remoção (HID) 39
3.4.7 Heurística de inserção gulosa (HIG) 40
3.5 DADOS UTILIZADOS 40
4 RESULTADOS OBTIDOS 48
5 CONCLUSÕES 50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 51
A. APÊNDICE - QUADRO DE HORÁRIOS DO CCA-UFES 54
B. APÊNDICE - QUADRO DE HORÁRIOS OBTIDO PELA ALNS 64

1 INTRODUÇÃO

O Problema de Programação de Horários (PPH) é um problema clássico de Otimização Combinatória (OC). Um problema de OC consiste em minimizar ou maximizar uma função matemática cujo comportamento das variáveis é definido por restrições. Encontrar soluções ótimas ou mesmo aproximadas para esses problemas nem sempre é fácil, pois o número de combinações cresce exponencialmente em função do seu tamanho.

Diante dessa situação, Chaves (2009) afirma que as heurísticas surgem como ferramentas eficientes para solucionar problemas de otimização. Elas são métodos que buscam encontrar soluções de boa qualidade em um tempo computacional razoável para problemas complexos de otimização.

Este trabalho parte da premissa de que é possível, a partir da exploração da área de otimização combinatória, encontrar soluções estratégicas que suportem o nível da complexidade e a quantidade de restrições encontradas na elaboração dos horários das disciplinas nas universidades. Assim, buscam-se programações de horários adequadas às necessidades condicionadas ao tempo e espaço, dos alunos, dos professores e da instituição como um todo.

1.1 O PROBLEMA E SUA IMPORTÂNCIA

O PPH em uma Instituição de Ensino (IE) consiste em fixar uma sequência de encontros entre professores e alunos em um período prefixado de tempo satisfazendo a um conjunto de restrições de vários tipos (SOUZA, 2000).

Solucionar manualmente esse problema requer esforço e vários dias de trabalho. Contudo, a solução encontrada pode ser insatisfatória, ou mesmo inviável, quando não atende algumas das restrições estabelecidas.

Na década de 60, Csima e Gotlieb (1964) e Gotlieb (1962) deram início ao processo de automatização do PPH. Desde então, o problema tem sido amplamente estudado, e diferentes abordagens e métodos de solução vêm sendo apresentados.

O PPH é de difícil generalização, como dito por Souza (2000), pois cada sistema é desenvolvido para atender características específicas da instituição de ensino e do

regime educacional da região onde ele será aplicado. Assim, a análise comparativa entre as metodologias empregadas fica prejudicada.

De acordo com Schaerf (1999) e Souza (2000), o PPH é classificado em três categorias principais: Problema de Programação de Horários em Escolas, Problema de Programação de Horários de Cursos e Problema de Programação de Horários de Exames.

No primeiro caso, o Problema de Programação de Horários em Escolas (*School Timetabling Problem*) é encontrado nas instituições com características de uma escola secundária. Consiste basicamente na elaboração semanal de aulas para um conjunto de turmas, professores e salas. As turmas são um conjunto distinto de alunos que tem o mesmo currículo. Cada turma possui um conjunto de matérias com suas respectivas cargas horárias. As matérias são atribuídas aos professores e o quadro de horários deve garantir que as cargas horárias de todas as matérias de todas as turmas sejam cumpridas, que cada turma não tenha aula com mais de um professor ao mesmo tempo e que um professor não dê aula para mais de uma turma em um mesmo horário.

O segundo caso, o Problema de Programação de Horários de Cursos (*Course Timetabling Problem*), é característico de uma universidade. Existe um conjunto de cursos (Ciência da Computação, Engenharia Química, etc.) que são compostos por um conjunto de disciplinas e cada disciplina possui uma quantidade de aulas. Os estudantes podem estar matriculados nas turmas das disciplinas do seu curso e uma turma pode ter alunos de vários cursos. Outro conjunto é formado pelos horários para realização das aulas sendo que cada horário possui uma quantidade limitada de salas com sua respectiva capacidade. O problema consiste em alocar as aulas de cada turma em uma sala em um determinado horário sem que alguma turma esteja tendo mais de uma aula ao mesmo tempo.

A terceira abordagem, o Problema de Programação de Horários de Exames (*Examination Timetabling Problem*), retrata a alocação dos exames em uma universidade. Nesse caso, há um conjunto de alunos matriculados nos cursos, um conjunto de exames para cada estudante e um conjunto de horários para a

realização dos exames. O objetivo consiste em programar cada exame em um horário evitando estudantes em comum.

Souza (2000) cita que essa classificação em três categorias não é absoluta, porém, é a mais comumente utilizada na literatura.

Segundo Santos (2007), os requisitos aplicados aos problemas anteriores podem ser classificados como:

- Organizacionais: relativos à instituição de ensino;
- Pedagógicos: pedidos importantes para o bom aproveitamento das aulas;
- Pessoais: requisitos de acordo com as preferências pessoais dos membros do corpo docente.

Para a solução do problema, a satisfação de todos os requisitos é desejável, porém, nem sempre é possível de se realizar. Portanto, as restrições estabelecidas devem ser classificadas de acordo com sua importância (EISELT; LAPORTE, 1987). De acordo com Santos e Souza (2007), usualmente são utilizadas duas divisões:

- Restrições Fortes: devem ser satisfeitas a qualquer custo. O não atendimento desse tipo de restrição inviabiliza a solução;
- Restrições Fracas: são aquelas cuja satisfação é desejável, mas caso não seja possível atendê-las, a solução não é inviabilizada.

Para o PPHDU considerado neste trabalho, ou seja, considerando o caso real do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES), são consideradas as seguintes restrições:

Fortes:

1. Conflitos de professor: um professor não poderá ministrar mais de uma disciplina no mesmo dia e horário;
2. Conflitos de turmas: uma turma não poderá assistir a mais de uma aula no mesmo dia e horário;
3. Conflitos de salas: uma sala de aula não poderá estar reservada para mais de uma disciplina no mesmo dia e horário;

4. Capacidade da sala: uma turma não poderá ser alocada em uma sala cuja capacidade seja inferior ao número de alunos da turma;
5. Tipo incompatível de sala: as aulas não poderão ser alocadas em uma determinada sala que não é compatível ao tipo solicitado, por exemplo, aulas que deveriam ser realizadas em laboratórios e foram alocadas em salas de aula;
6. Disciplinas “especiais”: disciplinas com 3 horas aulas semanais deverão ser alocadas nos três primeiros horários do turno diurno e nos três primeiros ou três últimos horários do turno noturno, permitindo assim que outras disciplinas possam ser alocadas entre esses horários;
7. Aulas fora do turno: uma aula não poderá ser alocada fora do turno da oferta (diurno ou noturno).

Fracas:

8. Intervalo de trabalho do professor: o intervalo entre o primeiro e o último dia da semana em que um professor ministrará as aulas deverá ser minimizado;
9. Janelas de horário: intervalos na grade de horários de cada turma, entre duas aulas, deverão ser reduzidos;
10. Período preferencial: as turmas diurnas deverão ter suas disciplinas concentradas no período da manhã ou da tarde. Assim, a quantidade de disciplinas ofertadas fora do turno “preferencial” de cada turma deverá ser minimizada;
11. Aulas seguidas: aulas repetidas de uma disciplina ministradas para uma turma no mesmo dia devem ser evitadas;
12. Intervalo entre períodos: a ocorrência de professores que ministram aula em um dia à noite e no dia seguinte pela manhã deverá ser minimizada;
13. Aulas seguidas de nível “difícil”: as aulas de complexidade “difícil” ministradas em horários sequenciais devem ser evitadas;
14. Aulas de nível “difícil” no último horário: aulas de complexidade “difícil” ministradas no último horário de cada dia deverão ser evitadas.
15. Aulas de carga horária par: aulas com 2 ou 4 horas do turno diurno deverão ser alocadas fora do primeiro horário do dia.

As restrições de 1 a 7 são do tipo *forte*, pois o não atendimento destas inviabiliza a solução. Já as demais, de 8 a 15, são do tipo *fraca*, pois elas não inviabilizam a solução, mas é necessário que sejam minimizadas.

Em geral, percebe-se que o PPHDU é um problema de fácil entendimento, porém de difícil solução. Assim como ocorre em outras atividades cotidianas, o PPHDU é um problema de OC NP-Completo (COOPER; KINGSTON, 1996). De acordo com Ziviani (2010), problemas NP-Completo podem ter uma solução muito difícil ou impossível de ser obtida, mas uma vez conhecida ela pode ser verificada em tempo polinomial.

1.2 OBJETIVOS

A seguir, são descritos o objetivo geral e os específicos deste trabalho.

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como meta a aplicação da meta-heurística *Adaptive Large Neighborhood Search* (ALNS) para resolução do Problema de Programação de Horários de Disciplinas em Universidades (PPHDU) considerando o Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCA-UFES).

1.2.2 Objetivos específicos

a) Coletar dados e informações referentes à programação de horários do CCA-UFES;

b) Desenvolver as adaptações necessárias para modelagem do PPHDU e aplicação da ALNS;

c) Aplicar o método proposto para resolver o PPHDU considerando os dados reais referentes a um semestre letivo do CCA-UFES;

d) Avaliar o desempenho do método por meio de experimentos computacionais comparando os quadros de horários obtidos com os quadros de horários elaborados manualmente no CCA-UFES.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma. No Capítulo 2 são apresentadas outras abordagens encontradas na literatura para solucionar o problema. O Capítulo 3 define como foi desenvolvida a aplicação da ALNS para resolução do PPHDU, ou seja, apresenta a metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho. Os resultados obtidos são apresentados no Capítulo 4 e, por fim, no Capítulo 5, são apresentadas as conclusões.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Csima e Gotlieb (1964) foram os percursores na automação do processo de gerar quadros de horários. Nesse trabalho, os autores propuseram um método envolvendo matrizes binárias.

Segundo Souza (2000) e Schmidt e Ströhlein (1980), a maioria dos primeiros trabalhos utilizavam heurísticas construtivas. A partir de então, os pesquisadores começaram a utilizar técnicas gerais para resolver o problema, como Programação Inteira Mista (FERLAND; ROY, 1985; TRIPATHY, 1984), fluxo em grafo (OSTERMANN; WERRA, 1983) e coloração em grafos (CANGALOVIÉ; SCHREUDER, 1991; NEUFELD; TARTAR, 1974; WOOD, 1969).

Novas propostas de solução para o problema têm sido apresentadas utilizando meta-heurísticas como *Simulated Annealing*, Busca Tabu, Algoritmos Genéticos, Algoritmos Meméticos, além da combinação de diferentes métodos. Várias publicações com essas técnicas podem ser encontradas em Souza (2000), Santos (2007), Barbosa e Souza (2011), Carvalho (2011) e Fonseca et al. (2011).

Em Souza (2000), é utilizado um procedimento heurístico de caminhos mínimos com capacidade para recuperar a viabilidade de um quadro de horários de professores. O autor utiliza a meta-heurística GRASP com uma busca local realizada por meio de um algoritmo de Busca Tabu.

Santos (2007) trata do Problema de Programação de Horários em três partes. Na primeira, é apresentada uma heurística híbrida baseada em Busca Tabu. Na segunda parte, foram apresentadas propostas de solução utilizando Programação Linear Inteira Mista e finalmente, a terceira parte explora a sinergia entre heurísticas e métodos exatos. Em todas as partes, bons resultados foram obtidos.

Carvalho (2011) utiliza o *Variable Neighborhood Descent* (VND) como procedimento de busca local para um *Iterated Local Search* (ILS). Barbosa e Souza (2011) utilizam uma meta-heurística híbrida que utiliza o *Greedy Randomized Adaptive Search Procedure* (GRASP) para geração de uma solução inicial e o ILS com relaxamento para o refinamento da solução.

Fonseca et al. (2011) resolve o problema de programação de horários escolares reduzindo-o ao problema da Satisfazibilidade Proposicional (SAT) para gerar uma solução inicial e aplica uma Busca Tabu para otimização dessa solução.

Muitos outros trabalhos propuseram abordagens diferentes para resolver o problema. Os trabalhos citados neste capítulo representam apenas uma parte dos principais trabalhos sobre o PPHDU.

3 METODOLOGIA

A descrição da metodologia utilizada para o desenvolvimento deste trabalho está dividida em duas partes. Na primeira, é apresentada a modelagem do problema, e a segunda consiste na descrição do método utilizado.

3.1 MODELAGEM DO PROBLEMA

Por meio da modelagem do problema é possível atender às necessidades do sistema de oferta de disciplinas no CCA-UFES. Inicialmente, é necessário identificar as entidades e armazená-las em uma estrutura de vetores. A criação destes vetores garante que não haverá duplicidade das entidades, pois toda referência a uma entidade será realizada pelo seu identificador.

No sistema de oferta de disciplinas no CCA-UFES foram identificadas as entidades professor, disciplina, sala, turma e oferta, discutidas a seguir.

A entidade professor é composta por um identificador (id) e o nome do professor. O vetor *VP* armazena as entidades professores que serão utilizadas na resolução do problema.

A Figura 1 apresenta a estrutura da entidade professor.

Id	Nome
1	Geraldo Regis Mauri

Figura 1 - Estrutura da entidade professor.

A entidade disciplina, por sua vez, é formada pelo identificador (id), o código e nome da disciplina no sistema da instituição de ensino, e seu nível, considerando 0 para uma disciplina com nível “normal” e 1 para as disciplinas consideradas “difíceis”, que serão armazenadas no vetor *VD*. O nível da disciplina foi definido desta forma para atender ao requisito do tipo pedagógico (apresentado no Capítulo 1), diferenciando as disciplinas que apresentam maior complexidade de aprendizado das demais. A Figura 2 mostra a estrutura da entidade disciplina.

Id	Código	Nome	Nível
1	COM10131	Otimização Linear	1

Figura 2 - Estrutura da entidade disciplina.

Para definir onde a disciplina será ministrada, foi criada a entidade sala, definida por um identificador (id), o nome do prédio, o tipo de sala, o número da sala e a capacidade suportada de alunos, como pode ser visto na Figura 3. As salas podem ser do tipo genéricas (0) ou laboratórios (1), dentre outras especificidades. As salas são armazenadas no vetor *VS*.

Id	Prédio	Tipo	Número	Capacidade
1	Chichiu	1	3	40

Figura 3 - Estrutura da entidade sala.

Já a entidade turma caracteriza-se por um identificador (id), o nome do curso, o período da turma e o turno preferencial, sendo 0, 1 e 2 os valores respectivos para os turnos matutino, vespertino e noturno, como mostra a Figura 4. O Vetor *VT* registra as turmas utilizadas.

Id	Curso	Período	Turno Preferencial
1	Ciência da Computação	4	0

Figura 4 - Estrutura da entidade turma.

Com base nessas entidades, tem-se a entidade principal do problema, denominada oferta, representada na Figura 5. Ela é gerada a partir da combinação de elementos, tais como turno, carga horária, tipo de sala, professor e turmas, permitindo que uma disciplina seja disponibilizada.

Id	Disciplina	Nº de Turmas	Turmas[]	Vagas	Turno	Professor	Tipo da sala	C.H.
1	1	1	1	35	1	1	1	2

Figura 5 - Estrutura da entidade oferta.

A carga horária da oferta é a duração de uma dada aula na semana, podendo ser de uma, duas, três ou quatro horas. Com isso, se houver duas aulas de uma disciplina na semana, sendo uma de duas horas e a outra de uma hora, então haverá duas ofertas, cada uma com a respectiva carga horária.

A estrutura da oferta é composta por um identificador, o identificador da disciplina, o número de turmas para as quais tal oferta está disponível, os identificadores das turmas, o número de vagas ofertadas, o turno (diurno = 1; noturno = 2), o identificador do professor, o tipo da sala (0 para sala de aula e 1 para laboratório) e

a carga horária (CH) da aula. A estrutura de uma oferta é armazenada em um vetor *VO* e está representada na Figura 5.

Os dados apresentados na Figura 5 estão vinculados às entidades apresentadas anteriormente por meio dos identificadores. Portanto, o exemplo anterior é referente à oferta da disciplina “Otimização Linear” para a turma do 4º período do curso de “Ciência da Computação” com 35 vagas no turno diurno. Ela será ministrada pelo professor “Geraldo Regis Mauri” em um laboratório durante 2 horas (1 aula) semanais.

Cada sala de aula possui uma grade de horários disponíveis. Essa grade caracteriza-se por ser uma matriz bidimensional em que o número de linhas é delimitado pela quantidade de horários disponíveis e as colunas pelos dias letivos da semana.

Para a distribuição das ofertas nas grades de horários, avalia-se a oferta a fim de encontrar o tipo de sala e o horário no turno, respectivamente, que sejam compatíveis e estejam disponíveis. Ao encontrar um horário disponível, coloca-se o código da oferta no dia e no horário da grade de horários da sala, como no exemplo apresentado na Figura 6. Nessa figura, os códigos -2 e -1 representam, respectivamente, um horário indisponível e um horário disponível. Os demais representam os códigos das ofertas, que são sempre positivos.

Sala 1					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-2	-1	-2	-2	-2
08:00h-09:00h	-2	-1	-2	-2	-2
09:00h-10:00h	-2	-1	-2	-2	-2
10:00h-11:00h	-2	-2	3	-2	3
11:00h-12:00h	-2	-2	3	-2	3
13:30h-14:30h	10	6	-2	-2	-2
14:30h-15:30h	10	6	-2	-2	-2
15:30h-16:30h	5	10	45	-2	45
16:30h-17:30h	5	10	45	-2	45
18:20h-19:10h	22	-1	-2	-1	-2
19:10h-20:00h	22	-1	-2	-1	-2
20:00h-20:50h	-2	-1	-1	20	20
21:00h-21:50h	-2	-1	-1	20	20
21:50h-22:40h	-1	-1	-1	-1	-1

Figura 6 - Exemplo de alocação de várias ofertas.

Caso alguma sala apresente horários em que não seja possível alocar uma oferta, estes serão previamente marcados na grade de horários (código -2 na Figura 6) para não serem utilizados durante a distribuição das ofertas.

As grades de horários dos professores são criadas a partir de informações das grades de horários das salas, tais como os dias da semana e os horários das ofertas, nas quais o docente terá aulas para ministrar. A Figura 7 exemplifica como ocorre a confecção do horário de apenas um professor. Nela, o código da oferta foi substituído pelo nome da disciplina para facilitar o entendimento.

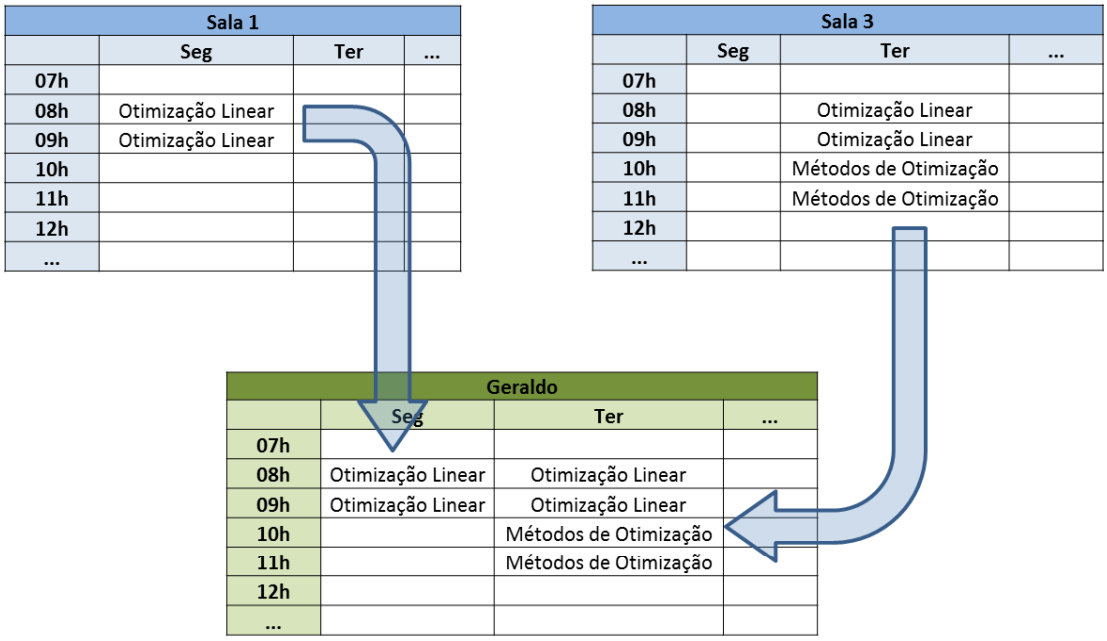

Figura 7 - Exemplo da montagem da grade de horário de um professor.

Durante a confecção das grades de horários dos professores e das turmas, podem aparecer diversos “conflitos”, ou seja, podem não atender às restrições apresentadas no Capítulo 1, inviabilizando assim a solução do problema. Dessa forma, a utilização do método ALNS visa eliminar ou minimizar esses conflitos para que seja encontrada uma solução viável para o problema.

3.2 REPRESENTAÇÃO DE UMA SOLUÇÃO

Uma solução para o PPHDU é representada com três matrizes. Uma matriz tridimensional *VSsol,* com dimensões *L, M e N*, que representam respectivamente a quantidade de salas de aula, a quantidade de horários disponíveis e os dias letivos

da semana. Dentro das células dessa matriz são inseridos os códigos das ofertas, que estão presentes dentro do vetor de ofertas *VO*. A segunda matriz *VPsol* é composta pelas grades de horários dos professores e possui dimensões *P, M* e *N,* sendo que *P* equivale ao total de professores. A terceira matriz *VTsol* possui dimensões *T, M* e *N*, sendo *T* a quantidade de turmas do problema. Essa matriz armazena a grade de horários das turmas. As ofertas são distribuídas nas grades de horários das salas, como pode ser observado nas Figuras 8 e 9. É possível notar a presença de ofertas com uma, duas e três horas.

Sala X					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	-1	-1	2	-1
08:00h-09:00h	0	-1	6	2	6
09:00h-10:00h	0	-1	6	2	6
10:00h-11:00h	-2	0	-1	-1	-1
11:00h-12:00h	-2	0	1	-1	-1
13:30h-14:30h	-2	9	-1	-1	10
14:30h-15:30h	-2	9	-1	-1	10
15:30h-16:30h	-2	-1	8	-1	11
16:30h-17:30h	-2	-1	8	-1	11
18:20h-19:10h	12	-1	-1	-1	-1
19:10h-20:00h	12	-1	-1	-1	-1
20:00h-20:50h	12	13	14	13	14
21:00h-21:50h	-1	13	14	13	14
21:50h-22:40h	-1	-1	-1	-1	-1

Figura 8 - Exemplo da grade de horários de uma sala de aula X.

Sala Y					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	-1	-1	-1	-1
08:00h-09:00h	-1	3	-1	-1	-1
09:00h-10:00h	-1	3	-1	-1	-1
10:00h-11:00h	3	-1	4	5	5
11:00h-12:00h	3	-1	-1	5	5
13:30h-14:30h	7	-1	9	10	-1
14:30h-15:30h	7	-1	9	10	-1
15:30h-16:30h	8	7	-1	11	-1
16:30h-17:30h	8	7	-1	11	-1
18:20h-19:10h	-1	16	17	16	17
19:10h-20:00h	-1	16	17	16	17
20:00h-20:50h	-1	-1	-1	-1	-1
21:00h-21:50h	15	-1	-1	-1	-1
21:50h-22:40h	15	-1	-1	-1	-1

Figura 9 - Exemplo da grade de horários de uma sala de aula Y.

As grades de turmas e professores são montadas com base nas grades das salas (Figuras 8 e 9), armazenando o código da sala presente no vetor *VS* na mesma

posição (dia e horário) que a oferta aparece. A seguir, são apresentadas três figuras (Figuras 10, 11 e 12) que contêm o horário de três turmas montados a partir das grades de horários das salas (Figuras 8 e 9). As cores nas figuras fazem referência tanto na grade da turma, indicando a sala, quanto na grade da sala, indicando a turma. Os atributos “X” e “Y” presentes nas figuras indicam as salas de aula utilizadas neste exemplo.

Turma 1					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	-1	-1	X	-1
08:00h-09:00h	X	Y	X	X	X
09:00h-10:00h	X	Y	X	X	X
10:00h-11:00h	Y	X	Y	Y	Y
11:00h-12:00h	Y	X	X	Y	Y
13:30h-14:30h	-1	-1	-1	-1	-1
14:30h-15:30h	-1	-1	-1	-1	-1
15:30h-16:30h	-1	-1	-1	-1	-1
16:30h-17:30h	-1	-1	-1	-1	-1
18:20h-19:10h	-1	-1	-1	-1	-1
19:10h-20:00h	-1	-1	-1	-1	-1
20:00h-20:50h	-1	-1	-1	-1	-1
21:00h-21:50h	-1	-1	-1	-1	-1
21:50h-22:40h	-1	-1	-1	-1	-1

Figura 10 - Exemplo da grade de horários da turma 1.

Turma 2					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	-1	-1	-1	-1
08:00h-09:00h	-1	-1	-1	-1	-1
09:00h-10:00h	-1	-1	-1	-1	-1
10:00h-11:00h	-1	-1	-1	-1	-1
11:00h-12:00h	-1	-1	-1	-1	-1
13:30h-14:30h	Y	X	Y	Y	X
14:30h-15:30h	Y	X	Y	Y	X
15:30h-16:30h	Y	Y	X	Y	X
16:30h-17:30h	Y	Y	X	Y	X
18:20h-19:10h	-1	-1	-1	-1	-1
19:10h-20:00h	-1	-1	-1	-1	-1
20:00h-20:50h	-1	-1	-1	-1	-1
21:00h-21:50h	-1	-1	-1	-1	-1
21:50h-22:40h	-1	-1	-1	-1	-1

Figura 11 - Exemplo da grade de horários da turma 2.

Turma 3					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	-1	-1	-1	-1
08:00h-09:00h	-1	-1	-1	-1	-1
09:00h-10:00h	-1	-1	-1	-1	-1
10:00h-11:00h	-1	-1	-1	-1	-1
11:00h-12:00h	-1	-1	-1	-1	-1
13:30h-14:30h	-1	-1	-1	-1	-1
14:30h-15:30h	-1	-1	-1	-1	-1
15:30h-16:30h	-1	-1	-1	-1	-1
16:30h-17:30h	-1	-1	-1	-1	-1
18:20h-19:10h	X	Y	Y	Y	Y
19:10h-20:00h	X	Y	Y	Y	Y
20:00h-20:50h	X	X	X	X	X
21:00h-21:50h	Y	X	X	X	X
21:50h-22:40h	Y	-1	-1	-1	-1

Figura 12 - Exemplo da grade de horários da turma 3.

De forma análoga a montagem do horário das turmas, são montados os horários dos professores. O código da sala é armazenado na grade do professor no mesmo dia e horário em que a oferta. As Figuras 13, 14 e 15 mostram o horário de três professores que ministram aula para as três turmas (Figuras 10, 11 e 12) nas duas salas de aula (Figuras 8 e 9).

Professor A					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	-1	-1	-1	-1
08:00h-09:00h	X	Y	-1	-1	-1
09:00h-10:00h	X	Y	-1	-1	-1
10:00h-11:00h	Y	X	-1	-1	-1
11:00h-12:00h	Y	X	X	-1	-1
13:30h-14:30h	Y	X	Y	-1	-1
14:30h-15:30h	Y	X	Y	-1	-1
15:30h-16:30h	-1	Y	-1	-1	-1
16:30h-17:30h	-1	Y	-1	-1	-1
18:20h-19:10h	-1	-1	-1	-1	-1
19:10h-20:00h	-1	-1	-1	-1	-1
20:00h-20:50h	-1	X	-1	X	-1
21:00h-21:50h	-1	X	-1	X	-1
21:50h-22:40h	-1	-1	-1	-1	-1

Figura 13 - Exemplo da grade de horários do professor A.

Professor B					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	-1	-1	-1	-1
08:00h-09:00h	-1	-1	X	-1	X
09:00h-10:00h	-1	-1	X	-1	X
10:00h-11:00h	-1	-1	-1	-1	-1
11:00h-12:00h	-1	-1	-1	-1	-1
13:30h-14:30h	-1	-1	-1	Y	X
14:30h-15:30h	-1	-1	-1	Y	X
15:30h-16:30h	Y	-1	X	-1	-1
16:30h-17:30h	Y	-1	X	-1	-1
18:20h-19:10h	X	-1	-1	-1	-1
19:10h-20:00h	X	-1	-1	-1	-1
20:00h-20:50h	X	-1	X	-1	X
21:00h-21:50h	Y	-1	X	-1	X
21:50h-22:40h	Y	-1	-1	-1	-1

Figura 14 - Exemplo da grade de horários do professor B.

Professor C					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	-1	-1	X	-1
08:00h-09:00h	-1	-1	-1	X	-1
09:00h-10:00h	-1	-1	-1	X	-1
10:00h-11:00h	-1	-1	Y	Y	Y
11:00h-12:00h	-1	-1	-1	Y	Y
13:30h-14:30h	-1	-1	-1	-1	-1
14:30h-15:30h	-1	-1	-1	-1	-1
15:30h-16:30h	-1	-1	-1	Y	X
16:30h-17:30h	-1	-1	-1	Y	X
18:20h-19:10h	-1	Y	Y	Y	Y
19:10h-20:00h	-1	Y	Y	Y	Y
20:00h-20:50h	-1	-1	-1	-1	-1
21:00h-21:50h	-1	-1	-1	-1	-1
21:50h-22:40h	-1	-1	-1	-1	-1

Figura 15 - Exemplo da grade de horários do professor C.

3.3 ADAPTIVE LARGE NEIGHBORHODD SEARCH

A partir do método *Large Neighborhood Search* (LNS) apresentado em Shaw (1997), Ropke e Pisinger (2006a,b) propuseram a *Adaptive Large Neighborhood Search* (ALNS). A ALNS é baseada no princípio de ruína e reconstrução. A cada iteração, a ALNS destrói parte da solução atual *s* e a reconstrói de uma forma diferente, gerando uma nova solução *s'*. A solução encontrada é aceita de acordo com um critério definido por um "paradigma" de busca aplicado, por exemplo, o critério utilizado no *Simulated Annealing* (SA), no qual se *s'* for melhor do que *s*, a busca

continua na nova solução, caso contrário, a busca continua a partir de *s'* com uma determinada probabilidade.

Os procedimentos para destruir e reconstruir uma solução são selecionados de acordo com um mecanismo adaptativo probabilístico, no qual a cada iteração a probabilidade de selecionar um procedimento depende de como ele se comportou no passado.

Mesmo sendo uma meta-heurística recente, a ALNS tem apresentado bons resultados na resolução de outros problemas complexos. Sua aplicação pode ser vista em Ropke e Pisinger (2006a,b) onde são abordados os problemas de roteamento de veículos com coleta e entrega e janelas de tempo. Laporte et al. (2010) mostra a aplicação do método para o problema de roteamento de veículos capacitado com demanda estocástica. Em seu trabalho Azi et al. (2010) resolve o problema de roteamento de veículos com múltiplas viagens. Por sua vez, Ribeiro et al. (2012) realiza a comparação dos resultados do problema de roteamento de sondas de manutenção resolvido por três meta-heurísticas, em que uma delas é a ALNS. Por fim Vera et al. (2012) apresenta aplicação para problemas de roteamento de veículos em dois níveis decorrentes da logística de uma cidade.

A seguir, são descritos os principais elementos da ALNS:

a) ***Vizinhança ampla***: dada uma solução *s*, a cada iteração, *γ* ofertas são removidas da solução por uma heurística de remoção e são reinseridas por uma heurística de inserção. A cada iteração, um número *γ* inteiro é escolhido aleatoriamente, sendo esse número limitado por *n*, definido como parâmetro.

b) ***Busca adaptativa***: a escolha das heurísticas de remoção e inserção é regida por um mecanismo de roleta, no qual a cada heurística *i* é atribuído um peso ω_i que depende do seu comportamento no passado. O peso ω_i indica o desempenho da heurística *i* nas iterações anteriores. Então, considerando a existência de *h* heurísticas, uma heurística *j* é selecionada com a probabilidade $\omega_j / \sum_{i=1}^{h} \omega_i$. A heurística de inserção é independente da heurística de remoção.

c) ***Ajuste de pesos***: a busca é dividida dentro de um número de segmentos definidos por φ iterações consecutivas. No primeiro segmento, todas as heurísticas têm o mesmo peso. Após φ interações, os pesos usados para selecionar as heurísticas de remoção e inserção são atualizados de acordo com o *score* obtido durante o segmento. Os *scores* mostram como as heurísticas se comportaram no último segmento. O *score* da heurística é incrementado por um parâmetro igual a σ_1, σ_2 ou σ_3 quando se identifica novas soluções. Para o PPHDU, se um par de heurísticas de remoção e inserção encontra uma solução melhor do que a melhor conhecida, estas serão incrementadas em σ_1, se a solução encontrada for melhor do que a solução corrente, estas serão incrementadas em σ_2, e se a solução encontrada não melhora o parâmetro σ_3 é utilizado para incrementá-las desde que a mesma seja aceita. Quando um segmento termina, novos pesos são calculados usando os *scores* obtidos, e todos os *scores* são zerados para o próximo segmento. Seja π_i o score da heurística *i* e o_{ij} o número de vezes que a heurística *i* foi escolhida no último segmento *j*, tem-se:

$$\omega_{ij+1} = \begin{cases} \omega_{ij} & se \quad o_{ij} = 0 \\ (1-\eta)\omega_{ij} + \eta\pi_i/o_{ij} & se \quad o_{ij} \neq 0, \end{cases} \tag{1}$$

$\eta \in [0,1]$ é um parâmetro chamado de "*fator de reação*". Esse parâmetro controla a velocidade com que o algoritmo de ajuste de peso reage a mudanças na eficácia das heurísticas.

d) ***Função objetivo penalizada***: para avalição de uma solução *s*, considerando *P* o número de professores, *T* o número de turmas, *L* o número de salas e *D* o número de disciplinas, é utilizada a seguinte função objetivo:

$$\text{Minimizar } f(s) =$$

$$\partial_1 \sum_{p=1}^{P} CP_p + \partial_2 \sum_{t=1}^{T} CT_t + \partial_3 \sum_{l=1}^{L} CS_l + \partial_4 \sum_{l=1}^{L} VS_l + \partial_5 TSI + \partial_6 D3H + \partial_7 FTO \tag{2}$$

$$+ \partial_8 \sum_{p=1}^{P} IT_p + \partial_9 \sum_{t=1}^{T} JH_t + \partial_{10} \sum_{t=1}^{T} PP_t + \partial_{11} \sum_{d=1}^{D} AS_d + \partial_{12} \sum_{p=1}^{P} ND_p \tag{3}$$

$$+ \partial_{13} ASD + \partial_{14} ADU + \partial_{15} DHP \tag{4}$$

Sendo que:

1. CP_p = número de conflitos do professor *p*, ou seja, o número de vezes que o professor *p* ministra aula no mesmo dia e horário;
2. CT_t = número de conflitos da turma *t*, ou seja, o número de vezes que os alunos da turma *t* assistem mais de uma aula no mesmo dia e mesmo horário;
3. CS_l = número de conflitos da sala l, ou seja, o número de vezes que a sala l está atribuída a mais de uma turma no mesmo dia e mesmo horário;
4. VS_l = número de violações na capacidade da sala l, ou seja, o número de turmas alocadas na sala l cujo número de alunos é maior que a capacidade da sala;
5. TSI = número de aulas alocadas em salas de tipo "incompatível", ou seja, se 10 aulas devem ser em laboratório e foram alocadas em salas normais, *TSI* = 10;
6. $D3H$ = número de disciplinas de 3 horas aulas semanais alocadas fora do primeiro horário do turno, tanto do dia quanto da noite, e fora do quinto horário do turno noturno;
7. FTO = número de aulas alocadas fora do turno especificado na oferta.
8. IT_p = diferença entre o primeiro e o último dia em que o professor *p* ministra aulas em relação a um intervalo padrão;
9. JH_t = número de janelas de horário da turma *t*, ou seja, o número de horários vagos entre aulas ao longo da semana para a turma *t*;
10. PP_t = número de aulas da turma *t* fora do seu período preferencial (M,T,N).
11. AS_d = número de aulas seguidas da disciplina *d*, ou seja, o número de vezes que a disciplina *d* é repetida num mesmo dia;
12. ND_p = número de vezes que o professor *p* ministra aula à noite a partir das 20h em um dia e pela manhã (qualquer horário) no dia seguinte;

13. ASD = número de aulas seguidas de disciplinas de nível difícil, ou seja, o número de vezes ao longo da semana em que duas disciplinas "difíceis" são consecutivas para a mesma turma;
14. ADU = número de aulas de disciplinas de nível difícil ministradas no último horário, ou seja, o número de vezes ao longo da semana em que disciplinas "difíceis" são ministradas no último horário da tarde e da noite.
15. DHP = número de aulas de disciplinas, do turno diurno, com carga horária par, alocadas no primeiro horário do dia.

A função objetivo (FO) apresentada contempla todas as restrições descritas anteriormente. Os pesos (∂ = $[\partial_1, \partial_2, \partial_3, ..., \partial_{15}]$) devem ser ajustados para penalizar as restrições fortes e fracas, a fim de viabilizar uma solução. Assim, para obter uma solução final com qualidade, é necessário eliminar os sete primeiros termos da FO e minimizar os demais.

e) ***Critério de aceitação***: o critério de aceitação do *Simulated Annealing* foi utilizado pela ALNS. Dada uma solução *s*, uma solução vizinha *s'* é aceita se $f(s') < f(s)$ e com probabilidade $e^{\frac{f(s')-f(s)}{T}}$. Caso contrário, $f(s)$ e $f(s')$ são os custos (função objetivo (2),(3) e (4)) das soluções *s* e *s'*, respectivamente. A temperatura inicia em T_i e é multiplicada por c a cada iteração, em que $0 < c < 1$ é a taxa de resfriamento.

f) ***Solução inicial***: para a geração de uma solução inicial para a ALNS, adicionam-se as ofertas que estão no vetor *VO*, sem analisar nenhum critério específico, no primeiro horário livre da primeira sala disponível presente no vetor *VS*. No exemplo apresentado na Figura 16, suponha-se que as duas primeiras ofertas do vetor possuem carga horária de duas horas. As ofertas foram adicionadas aos primeiros horários livres da primeira sala disponível.

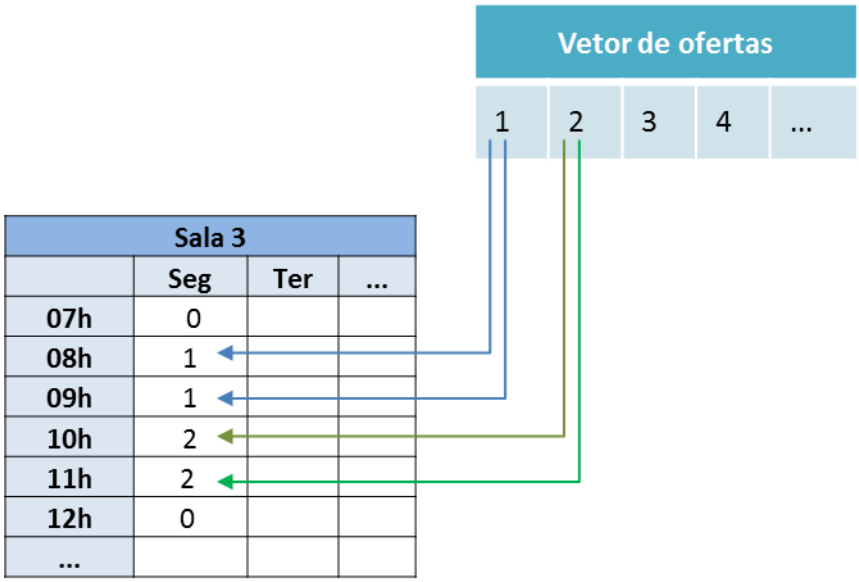

Figura 16 - Exemplo de criação de uma solução inicial para a ALNS.

A seguir, na Tabela 1, são apresentados todos os parâmetros utilizados na ALNS implementada, e o seu pseudocódigo é descrito na Figura 17. Na linha 8 desta figura, o número 2 é utilizado para remover, no mínimo, 2 ofertas.

Tabela 1 - Descrição dos parâmetros utilizados pela ALNS.

Variável	Descrição
$ALNS_{max}$	Número máximo de iterações do método
T_{max}	Tempo máximo de execução
φ	Tamanho do segmento
ω_{H+}	Peso da heurística de reconstrução H^+
ω_{H-}	Peso da heurística de destruição H^-
σ_1	*Score* se a melhor solução for encontrada
σ_2	*Score* se a solução corrente for superada
σ_3	*Score* se uma solução pior for aceita
π_{H+}	*Score* da heurística de reconstrução H^+
π_{H-}	*Score* da heurística de destruição H^-
o_{H+}	Número de vezes que a heurística de reconstrução H^+ foi escolhida no último segmento
o_{H-}	Número de vezes que a heurística de destruição H^- foi escolhida no último segmento
η	Fator de reação
ζ	Percentual máximo de ofertas removidas
α	Taxa de resfriamento
T_i	Temperatura inicial
T_c	Temperatura de congelamento
s	Solução inicial do problema

```
ALNS (ALNS_max, φ, η, σ1, σ2, σ3, ζ, α, Ti, Tc, Tmax, s)
1.  s* ← s; T ← T0; Te ← 0; Texec ← 0; j ← 0;
2.  ωH+ ← 1; Para todo H+   ωH- ← 1; Para todo H-
3.  ΠH+ ← 0; Para todo H+   ΠH- ← 0; Para todo H-
4.  ENQUANTO (Texec < Tmax) FAÇA
5.      i ← 0;
6.      ENQUANTO (i < ALNSmax) FAÇA
7.          i ← i + 1;     j ← j + 1;     s' ← s;
8.          γ ← 2 + número aleatório entre 0 e (⌊ζ*nº ofertas⌋ - 1)
9.          SELECIONAR (uma heurística de destruição H-);
10.         APLICAR (H-(s'));
11.         SELECIONAR (uma heurística de reconstrução H+)
12.         APLICAR (H+(s'));
13.         oH+ ← oH+ + 1;     oH- ← oH- + 1;
14.         SE (f(s') < f(s))
15.             s ← s';
16.             SE (f(s) < f(s*))
17.                 s* ← s;   ΠH+ ← ΠH+ + σ1;   ΠH- ← ΠH- + σ1;
18.             SENÃO
19.                 ΠH+ ← ΠH+ + σ2;   ΠH- ← ΠH- + σ2;
20.             FIM-SE;
21.         SENÃO
22.             TOMAR (x ∈ [0,1])
23.             SE (x < e^(-(f(s)-f(s')/T))
24.                 s ← s';   ΠH+ ← ΠH+ + σ3;   ΠH- ← ΠH- + σ3;
25.             FIM-SE;
26.         FIM-SE;
27.         SE (j = φ)
28.             j ← 0;
29.             ATUALIZAR (ωH-,ΠH-,ωH+,ΠH+,oH+,oH-);
30.         FIM-SE;
31.         T ← α*T;
32.     FIM-ENQUANTO;
33.     Texec ← tempo de execução;
34. FIM-ENQUANTO;
35. RETORNAR (s*);
```

Figura 17 - Pseudocódigo da ALNS implementada.

3.4 HEURÍSTICAS DE REMOÇÃO E INSERÇÃO

Neste trabalho, foram implementadas quatro heurísticas de remoção e três heurísticas de inserção. As heurísticas de remoção removem γ ofertas da solução *s.* Quando aplicável, seja *Z* um conjunto de ofertas removidas. A solução da Figura 18 será adotada para os exemplos das heurísticas de remoção.

Sala K					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	10	-1	2	-1
08:00h-09:00h	0	10	6	2	11
09:00h-10:00h	0	-1	6	2	11
10:00h-11:00h	12	8	-1	-1	-1
11:00h-12:00h	12	8	1	-1	-1
13:30h-14:30h	12	9	-1	-1	-1
14:30h-15:30h	-1	9	-1	-1	-1
15:30h-16:30h	-1	-1	-1	-1	-1
16:30h-17:30h	-1	-1	-1	-1	-1
18:20h-19:10h	-1	-1	-1	-1	-1
19:10h-20:00h	-1	-1	-1	-1	-1
20:00h-20:50h	-1	13	14	-1	-1
21:00h-21:50h	-1	13	14	-1	-1
21:50h-22:40h	-1	-1	-1	-1	-1

Figura 18 - Exemplo de solução para uma sala.

3.4.1 Heurística de remoção de Shaw baseada na carga horária da oferta (HRS1)

A ideia geral da heurística de remoção de Shaw é remover ofertas que apresentem certo grau de similaridade. O grau de similaridade entre duas ofertas o_1 e o_2 é calculado por meio de uma medida $R(o_1,o_2)$, na qual um valor mais baixo corresponde a maior semelhança entre as ofertas. A medida de parentesco é dada por

$$R(o_1, o_2) = |c_{o_1} - c_{o_2}|, \tag{5}$$

sendo que c_{o_i} é a carga horária da oferta o_i .

O relacionamento é usado de acordo com Shaw (1997) para remover γ ofertas. Dada uma solução s e um conjunto de ofertas removidas Z, o algoritmo cria uma lista auxiliar W de ofertas de s, seleciona uma oferta o de s, adiciona em Z e remove de s. Enquanto $|Z| < \gamma$ *a* heurística seleciona aleatoriamente uma oferta o de Z e ordena W, de modo que $R(o_1, o_2)$ calcule a similaridade entre o e todas as ofertas que ainda não foram removidas, e então escolhe aleatoriamente uma nova oferta o a ser inserida em Z de acordo com o critério $\lfloor y^{\delta}|W| \rfloor$, sendo que y é um número aleatório no intervalo [0,1]. Para evitar o determinismo na escolha de uma oferta, o parâmetro $\delta \geq 1$ é utilizado. A oferta o é adicionada a Z e removida de s e W. O pseudocódigo é apresentado na Figura 19.

```
HRS (S, γ, δ ≥ 1)
1.  CRIAR (listas W e Z);
2.  W ← todas as ofertas de s;
3.  o ← uma oferta aleatória de s;
4.  Z ← {o};
5.  REMOVER (o de s e de W);
6.  ENQUANTO (|Z| < γ) FAÇA
7.      o ← uma oferta aleatória de Z;
8.      ORDENAR (W de acordo com R(o,W_o));
9.      y ← número aleatório no intervalo [0,1];
10.     o ← ⌊y^δ |W|⌋;
11.     Z ← Z ∪ {o};
12.     REMOVER (o de s e de W);
13. FIM-ENQUANTO;
14. RETORNAR (s e Z);
```

Figura 19 - Pseudocódigo da HRS1.

Para exemplificar, dada a solução da Figura 18, a oferta 2 foi escolhida aleatoriamente e a quantidade de ofertas removidas *γ* foi definida como 2. O vetor *W* foi ordenado de acordo com a similaridade da carga horária da oferta escolhida, ficando da seguinte forma: *W*={2,12,0,10,8,9,13,6,14,11,1}. A oferta número 12 foi selecionada para ser removida, como pode ser visto na Figura 20.

Sala K					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	10	-1	2	-1
08:00h-09:00h	0	10	6	2	11
09:00h-10:00h	0	-1	6	2	11
10:00h-11:00h	-1	8	-1	-1	-1
11:00h-12:00h	-1	8	1	-1	-1
13:30h-14:30h	-1	9	-1	-1	-1
14:30h-15:30h	-1	9	-1	-1	-1
15:30h-16:30h	-1	-1	-1	-1	-1
16:30h-17:30h	-1	-1	-1	-1	-1
18:20h-19:10h	-1	-1	-1	-1	-1
19:10h-20:00h	-1	-1	-1	-1	-1
20:00h-20:50h	-1	13	14	-1	-1
21:00h-21:50h	-1	13	14	-1	-1
21:50h-22:40h	-1	-1	-1	-1	-1

Figura 20 - Solução sem a oferta 12 removida pela HRS1.

Agora, outra oferta do vetor *W* é escolhida aleatoriamente. A oferta selecionada foi a número 1. O vetor *W* ficou ordenado da seguinte forma *W*={1,0,10,8,9,13,6,14,11,2). Foi removida a oferta número 1, seguindo o critério de remoção descrito na explicação desta heurística. Assim, a solução sem as ofertas removidas é apresenta na Figura 21.

Sala K					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	10	-1	2	-1
08:00h-09:00h	0	10	6	2	11
09:00h-10:00h	0	-1	6	2	11
10:00h-11:00h	-1	8	-1	-1	-1
11:00h-12:00h	-1	8	-1	-1	-1
13:30h-14:30h	-1	9	-1	-1	-1
14:30h-15:30h	-1	9	-1	-1	-1
15:30h-16:30h	-1	-1	-1	-1	-1
16:30h-17:30h	-1	-1	-1	-1	-1
18:20h-19:10h	-1	-1	-1	-1	-1
19:10h-20:00h	-1	-1	-1	-1	-1
20:00h-20:50h	-1	13	14	-1	-1
21:00h-21:50h	-1	13	14	-1	-1
21:50h-22:40h	-1	-1	-1	-1	-1

Figura 21 - Solução sem as ofertas removidas pela HRS1.

3.4.2 Heurística de remoção de Shaw baseada no número de vagas (HRS2)

O comportamento da heurística de remoção de Shaw baseada no número de vagas das ofertas possui a mesma lógica da heurística anterior. A diferença está no cálculo da medida de similaridade. Nesse caso, é considerado o número de vagas ao invés da carga horária.

3.4.3 Heurística de remoção randômica (HRR)

Essa heurística remove γ ofertas da solução corrente de forma aleatória. De acordo com Ribeiro et al. (2012), ela tende a gerar um conjunto de ofertas removidas de baixa qualidade, porém ajuda na diversificação da busca. Enquanto $|Z| < \gamma$, é selecionada aleatoriamente uma oferta *o* de *s* e armazenada em *Z.* Em seguida, é removida *o* de *s*. O algoritmo retorna *s* e *Z.* O pseudocódigo é apresentado na Figura 22.

```
HRR (s,γ)
1.  CRIAR (lista Z);
2.  ENQUANTO (|Z| < γ) FAÇA
3.      o ← oferta aleatória de s;
4.      Z ← Z ∪ {o};
5.      REMOVER (o de s);
6.  FIM-ENQUANTO;
7.  RETORNAR (s e Z);
```

Figura 22 - Pseudocódigo da HRA.

Como exemplo, o valor de γ foi definido como 3, então as ofertas 1, 14 e 8 foram escolhidas aleatoriamente para serem removidas da solução (Figura 18), como mostra a Figura 23, e inseridas no conjunto de ofertas removidas *Z*.

Sala K					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	10	-1	2	-1
08:00h-09:00h	0	10	6	2	11
09:00h-10:00h	0	-1	6	2	11
10:00h-11:00h	12	-1	-1	-1	-1
11:00h-12:00h	12	-1	-1	-1	-1
13:30h-14:30h	12	9	-1	-1	-1
14:30h-15:30h	-1	9	-1	-1	-1
15:30h-16:30h	-1	-1	-1	-1	-1
16:30h-17:30h	-1	-1	-1	-1	-1
18:20h-19:10h	-1	-1	-1	-1	-1
19:10h-20:00h	-1	-1	-1	-1	-1
20:00h-20:50h	-1	13	-1	-1	-1
21:00h-21:50h	-1	13	-1	-1	-1
21:50h-22:40h	-1	-1	-1	-1	-1

Figura 23 - Remoção de três ofertas aleatórias.

3.4.4 Heurística de remoção da pior (HRP)

Segundo Ribeiro et al. (2012), essa heurística remove as ofertas com o maior custo na solução atual *s* e tenta reinseri-las em melhores posições. Seja $Custo(o,s) = f(s) - f_{-i}(s)$ o custo associado com a oferta *o* na solução *s*, em que $f_{-i}(s)$ representa o custo da solução sem a oferta *o* em *s*.

```
HRP (S, γ, ρ ≥ 1)
CRIAR (listas W e Z);
W ← ofertas ordenadas de s;
ENQUANTO (|Z| < γ) FAÇA
      ORDENAR (W de modo acordo com o Custo(o,s))
      y ← número aleatório no intervalo [0,1];
      o ← ⌊y^ρ|W|⌋;
      Z ← Z ∪ {o};
      REMOVER (o de s e de W);
FIM-ENQUANTO;
RETORNAR (s e Z);
```

Figura 24 - Pseudocódigo da HRP.

Inicialmente, a heurística cria as listas *Z* e *W,* sendo que *W* é a lista ordenada das ofertas de *s*. Enquanto $|Z| < \gamma$, *W* é ordenado de acordo com $Custo(o,s)$. Uma oferta *o* aleatória é escolhida de acordo com a regra $\lfloor y^{\rho}|W| \rfloor$, sendo que *y* é um valor entre

0 e 1 e $\rho \geq 1$ é um parâmetro para evitar o determinismo. A oferta *o* é adicionada à lista *Z* e removida de *s* e *W*. A Figura 24 apresenta o pseudocódigo dessa heurística.

Como exemplo, *W* ficou ordenado da seguinte forma *W*={12,10,8,9,11,6,1,2,13,14} e γ foi definido como 3. As ofertas 10,11,6 foram removidas e adicionadas no conjunto *Z*, como pode ser visto na Figura 25.

Sala K					
	Seg	Ter	Quar	Quin	Sex
07:00h-08:00h	-1	-1	-1	2	-1
08:00h-09:00h	0	-1	-1	2	-1
09:00h-10:00h	0	-1	-1	2	-1
10:00h-11:00h	12	8	-1	-1	-1
11:00h-12:00h	12	8	1	-1	-1
13:30h-14:30h	12	9	-1	-1	-1
14:30h-15:30h	-1	9	-1	-1	-1
15:30h-16:30h	-1	-1	-1	-1	-1
16:30h-17:30h	-1	-1	-1	-1	-1
18:20h-19:10h	-1	-1	-1	-1	-1
19:10h-20:00h	-1	-1	-1	-1	-1
20:00h-20:50h	-1	13	14	-1	-1
21:00h-21:50h	-1	13	14	-1	-1
21:50h-22:40h	-1	-1	-1	-1	-1

Figura 25 - Solução sem as ofertas removidas pela HRP.

3.4.5 Heurística de inserção ordenada (HIO)

O conjunto de ofertas removidas *Z* é ordenado de acordo com a carga horária de cada oferta, em ordem decrescente. Feito isso, a primeira oferta *o* da lista *Z* é inserida no primeiro horário disponível na sala *l,* compatível com o tipo da sala de *o,* da solução *s*. A partir de então, calcula-se o custo de inserção de *s* e remove-se a oferta *o* da sala *l*. O custo de inserção é definido por $Custo_{ins}(o,s) = f_{+i}(s) - f(s)$, sendo que $f_{+i}(s)$ representa o custo da solução *s* com a oferta *o.* O processo é repetido para todas as salas. Por fim, a oferta *o* é inserida na posição e sala que apresente o menor $Custo_{ins}(o,s)$ para a solução *s*.

3.4.6 Heurística de inserção por delta de remoção (HID)

Seja $Custo_{rem}(o,s) = f_{-i}(s) - f(s)$ a mudança no custo da solução *s* devido à remoção da oferta *o*, em que $f_{-i}(s)$ representa o custo da solução *s* sem a oferta *o.* O conjunto *Z* é ordenado de forma decrescente pelo $Custo_{rem}(o,s)$. Seja $Custo_{ins}(o,s) = f_{+i}(s) - f(s)$, a alteração no custo da solução *s*, sendo que $f_{+i}(s)$ representa o custo da

solução *s* com a oferta *o*. Cada oferta *o* pertencente a *Z* é inserida na sala *l* da solução *s* em que apresenta o menor $Custo_{ins}(o,s)$.

3.4.7 Heurística de inserção gulosa (HIG)

Seja $Custo_{ins}(o,s) = f_{+i}(s) - f(s)$ a mudança no custo da solução *s* devido à inserção da oferta *o*. A oferta *o* pertencente a *Z* é inserida no primeiro horário disponível na sala *l,* da solução *s*, sendo *l* compatível com o tipo da oferta; então, calcula-se o custo $Custo_{ins}(o,s)$ e remove-se a oferta *o* da sala *l*. O processo é repetido para todos os horários disponíveis de todas as salas do mesmo tipo de *o*. Por fim, a oferta *o* é inserida na posição e sala que apresente o menor custo de inserção. O procedimento é realizado para todas as ofertas de *Z*.

3.5 DADOS UTILIZADOS

Devido à complexidade de algumas disciplinas e localidades em que elas são ministradas, o problema de resolver todo o quadro de horários do CCA-UFES foi reduzido à alocação das disciplinas de apenas um departamento às salas disponíveis para ele.

Foi escolhido o Departamento de Computação (DCOMP), que possui dois cursos alocados (Ciência da Computação e Sistema de informação) e ofereceu 45 disciplinas no período letivo 2013/2, tanto para os cursos que pertencem a este departamento quanto para os demais cursos do CCA-UFES. Para ministrar tais disciplinas, o DCOMP possui 14 docentes. As Tabelas 2 e 3 apresentam, respectivamente, a lista com as disciplinas ofertadas no referido semestre letivo e a lista dos docentes disponíveis, de acordo com a modelagem proposta neste trabalho (ver Seção 3.1).

Tabela 2 - Lista das disciplinas oferecidas pelo DCOMP.

Id	Código	Nome	Nível
0	COM06842	Programação I	1
1	COM06850	Introdução a Ciência da Computação	0
2	COM06851	Matemática Discreta	1
3	COM10076	Arquitetura de Computadores	0
4	COM06992	Estrutura de Dados I	1
5	COM10078	Estrutura de Dados II	1
6	COM06853	Lógica Computacional	1

7	COM10080	Lógica Computacional II	1
8	COM10081	Metodologia de Pesquisa em Informática	1
9	COM10082	Programação II	1
10	COM10275	Engenharia de Requisitos de Software	1
11	COM10392	Linguagens de Programação	1
12	COM10393	Métodos de Otimização	1
13	COM10394	Redes de Computadores	0
14	COM10395	Teoria da Computação	0
15	COM10733	Gerência de Projeto de Software	1
16	ENG10791	Compiladores	1
17	ENG10792	Inteligência Artificial	0
18	ENG10793	Trabalho de Conclusão de Curso em Ciência da Computação I	0
19	COM11063	Trabalho de Conclusão de Curso em Ciência da Computação II	0
20	COM10396	Desenvolvimento de Sistemas para WEB	0
21	COM11014	Gerenciamento de Banco de Dados	0
22	COM05207	Informática	0
23	COM06039	Lógica e Técnica de Programação	0
24	COM06847	Introdução a informática	0
25	COM06852	Introdução aos Sistemas de Informação	0
26	COM06996	Informática e Sociedade	0
27	COM10014	Computabilidade e Complexidade	0
28	COM10015	Engenharia de Software	1
29	COM10016	Sistema de Apoio a Decisão	0
30	COM10128	Algoritmos Numéricos	1
31	COM10129	Banco de Dados	1
32	COM10131	Otimização Linear	1
33	COM10132	Sistemas Operacionais	1
34	COM10399	Processamento Digital de Imagens	0
35	COM10507	Interface Humano-Computador	0
36	COM10508	Projeto de Sistemas de Software	1
37	COM10607	Computação Forense	0
38	COM10612	Tópicos Especiais em Informática I	0
39	COM10616	Sistemas Distribuídos	1
40	COM11259	Sistemas de Software Livre	0
41	COM11260	Estágio em Informática	0
42	COM11261	Trabalho de Conclusão de Curso em Sistemas de Informação II	0
43	ENG11006	Comércio Eletrônico	0
44	ENG11007	Segurança e Auditoria de Sistemas	0

Tabela 3 - Lista de professores do DCOMP.

Id	Nome
0	Antônio Almeida de Barros Júnior
1	Bruno Vilela Oliveira
2	Clayton Vieira Fraga Filho
3	Edmar Hell Kampke
4	Geraldo Regis Mauri
5	Helder de Amorim Mendes
6	Jacson Rodrigues Correia da Silva
7	Juliana Pinheiro Campos
8	Larice Nogueira de Andrade
9	Paulo Roberto Nunes de Souza
10	Rodrigo Freitas Silva
11	Simone Dornelas Costa
12	Thiago Meireles Paixao
13	Valeria Alves da Silva

Foram contabilizados 14 locais utilizados entre salas e laboratórios. Os locais utilizados são descritos na Tabela 4 e as turmas para as quais houve oferta são apresentadas na Tabela 5, de acordo com a modelagem proposta neste trabalho (ver Seção 3.1).

Tabela 4 - Lista dos locais utilizados pelo DCOMP.

Id	Prédio	Tipo	Número	Capacidade
0	Prédio Central	0	9	40
1	Prédio Central	0	4	55
2	Prédio Novo	0	3	90
3	Prédio Novo	0	1	55
4	Prédio Novo	0	12	65
5	Prédio Novo	0	9	90
6	Prédio Alimentos	0	3	70
7	Prédio Central	0	0	80
8	Chichiu	1	3	40
9	Chichiu	1	2	40
10	Chichiu	1	1	40
11	Reuni	1	7	20
12	Reuni	1	5	20
13	Reuni	1	6	20

Tabela 5 - Lista das turmas para as quais houve oferta.

Id	Curso	Período	Turno Preferencial
0	Ciência da Computação	1	1
1	Ciência da Computação	3	1
2	Ciência da Computação	5	1
3	Ciência da Computação	7	1
4	Sistemas de Informação	1	2
5	Sistemas de Informação	3	2
6	Sistemas de Informação	5	2
7	Sistemas de Informação	7	2
8	Sistemas de Informação	9	2
9	Matemática	5	2
10	Agronomia	1	1
11	Eng. Industrial Madeireira	3	1
12	Engenharia de Alimentos	3	1
13	Geologia	3	1
14	Biologia Bacharelado	2	1
15	Nutrição	2	1
16	Engenharia Florestal	2	1
17	Matemática	1	2
18	Engenharia Química	1	1

Os horários dos locais podem ser bloqueados de três formas. Na primeira, os horários opostos ao turno do curso ficam bloqueados. Na segunda, os horários nas salas ocupados por disciplinas de outros cursos são marcados como indisponíveis. Já na terceira forma, as disciplinas pertencentes ao curso que são ofertadas por outros departamentos também ficam indisponíveis. Nesse último caso, estas ofertas são criadas para bloquear os horários na grade da turma e, portanto, elas são adicionadas no final da lista de ofertas e não devem ser manipuladas pela meta-heurística. Na Tabela 6, as ofertas a partir do Id 93 estão na terceira forma citada.

Os dados utilizados neste projeto foram obtidos da seguinte forma: as grades com os horários das salas foram disponibilizadas pela Secretaria Acadêmica do CCA-UFES; as grades com os horários dos cursos de Ciência da Computação e Sistemas de Informação foram cedidas pelos seus respectivos coordenadores; e a oferta de disciplinas foi obtida no portal do aluno da UFES. A Tabela 6 apresenta a lista de ofertas de acordo com a modelagem proposta neste trabalho (ver Seção 3.1).

Tabela 6 - Lista das ofertas disponibilizadas pelo DCOMP.

Id	Disciplina	Nº de Turmas	Turmas		Vagas	Turno	Professor	Tipo da sala	C.H.
0	0	2	0	18	37	1	12	1	2
1	0	2	0	18	37	1	12	1	2
2	1	1	0		40	1	1	0	2
3	1	1	0		40	1	1	0	2
4	2	1	0		40	1	3	0	2
5	2	1	0		40	1	3	0	2
6	3	1	1		30	1	13	0	2
7	3	1	1		30	1	13	0	2
8	5	1	1		30	1	5	0	2
9	5	1	1		30	1	5	1	2
10	7	1	1		40	1	7	0	2
11	7	1	1		40	1	7	0	2
12	8	1	1		30	1	8	1	2
13	9	1	1		30	1	2	1	2
14	9	1	1		30	1	2	1	2
15	10	1	2		30	1	2	1	2
16	10	1	2		30	1	2	0	2
17	11	1	2		20	1	10	0	2
18	11	1	2		20	1	10	0	2
19	12	1	2		20	1	4	1	2
20	12	1	2		20	1	4	1	2
21	13	1	2		20	1	10	1	2
22	13	1	2		20	1	10	1	2
23	14	1	2		30	1	7	0	2
24	14	1	2		30	1	7	0	2
25	15	1	3		20	1	2	1	2
26	15	1	3		20	1	2	1	2
27	16	1	3		20	1	10	0	2
28	16	1	3		20	1	10	0	2
29	17	1	3		40	1	6	1	2
30	17	1	3		40	1	6	1	2
31	20	2	2	3	25	1	1	1	2
32	20	2	2	3	25	1	1	1	2
33	21	1	3		20	1	0	1	2
34	21	1	3		20	1	0	1	2
35	24	1	4		30	2	13	1	2
36	24	1	4		30	2	13	1	2
37	25	1	4		70	2	3	0	2
38	6	1	4		70	2	6	0	2
39	6	1	4		70	2	6	0	2
40	0	1	4		30	2	3	1	2
41	0	1	4		30	2	3	1	2
42	4	1	5		30	2	7	1	2

43	4	1	5			30	2	7	1	2
44	27	1	5			40	2	7	0	2
45	27	1	5			40	2	7	0	2
46	28	1	5			30	2	1	0	2
47	28	1	5			30	2	1	0	2
48	29	1	5			40	2	11	0	2
49	29	1	5			40	2	11	0	2
50	31	1	6			30	2	0	1	2
51	31	1	6			30	2	0	1	2
52	32	1	6			20	2	4	0	2
53	32	1	6			20	2	4	1	2
54	33	1	6			20	2	6	1	2
55	33	1	6			20	2	6	0	2
56	36	1	6			30	2	2	0	2
57	36	1	6			30	2	2	1	2
58	35	1	6			20	2	11	0	2
59	35	1	6			20	2	11	1	2
60	26	1	7			30	2	8	0	2
61	39	1	7			20	2	5	0	2
62	39	1	7			20	2	5	0	2
63	43	1	7			20	2	11	0	2
64	43	1	7			20	2	11	1	2
65	44	1	7			20	2	11	0	2
66	44	1	7			20	2	11	1	2
67	34	1	7			20	2	12	1	1
68	34	1	7			20	2	12	1	3
69	40	1	8			20	2	6	0	2
70	37	1	8			20	2	6	1	2
71	37	1	8			20	2	6	1	2
72	38	1	8			20	2	13	0	2
73	38	1	8			20	2	13	0	2
74	41	1	8			10	2	8	0	2
75	42	1	8			10	2	3	0	2
76	22	3	14	15	16	30	1	8	1	2
77	22	1	10			30	1	8	1	2
78	30	1	9			15	2	12	0	2
79	30	1	9			15	2	12	0	2
80	23	3	11	12	13	37	1	1	1	2
81	23	3	11	12	13	37	1	1	1	2
82	0	1	0			30	1	3	1	2
83	0	1	0			30	1	3	1	2
84	0	1	4			30	2	12	1	2
85	0	1	4			30	2	12	1	2
86	24	1	4			30	2	8	1	2
87	24	1	4			30	2	8	1	2
88	24	1	17			35	2	13	1	2

89	24	1	17	35	2	13	1	2
90	24	1	17	35	2	1	1	2
91	24	1	17	35	2	1	1	2
92	18	1	3	10	1	3	0	2
93	45	1	0	30	1	15	0	2
94	45	1	0	30	1	15	0	2
95	45	1	0	30	1	15	0	2
96	46	1	0	30	1	14	0	2
97	47	1	0	30	1	16	0	2
98	47	1	0	30	1	16	0	2
99	48	1	1	30	1	17	0	2
100	48	1	1	30	1	17	0	2
101	49	1	1	30	1	18	0	2
102	49	1	1	30	1	18	0	2
103	50	1	2	30	1	19	0	2
104	50	1	2	30	1	19	0	2
105	51	1	3	30	1	20	0	4
106	52	1	4	70	2	14	0	2
107	47	1	4	70	2	21	0	2
108	47	1	4	70	2	21	0	2
109	53	1	5	45	2	22	0	2
110	53	1	5	45	2	22	0	2
111	51	1	7	40	2	20	0	4
112	54	1	8	20	2	23	0	2
113	54	1	8	20	2	23	0	2

No Apêndice A, é apresentado o quadro de horários utilizado pelo DCOMP no semestre letivo 2013/2, confeccionado manualmente e utilizado para comparação neste trabalho. Já no Apêndice B, é apresentado o quadro do melhor horário obtido pela ALNS proposta neste trabalho.

As disciplinas de Trabalho de Conclusão de Curso em Ciência da Computação II e Estágio em Informática, ambas oferecidas no turno diurno, não foram incluídas na lista de ofertas, pois elas não estavam alocadas em nenhuma sala.

A modelagem deste trabalho não abordou a utilização do horário entre 17h30 e 18h20 para alocação de ofertas, portanto as disciplinas de informática oferecidas durante o dia neste horário tiveram sua carga horária reduzida de três para duas horas.

Ao cruzar as informações dos quadros de horários (das turmas) elaborados manualmente com os locais designados, alguns locais não continham a aula

alocada, pois a mesma estava alocada em outra sala. Portanto, os locais das grades de horários das turmas foram atualizados. A mesma relação entre a aula e o tipo do local utilizado foi mantida na elaboração das ofertas para a ALNS.

4 RESULTADOS OBTIDOS

A ALNS foi implementada na Linguagem C++ e os experimentos foram realizados em um computador com processador AMD Phenom 9850 Quad-Core de 2,5 GHz com 4GB de memória RAM utilizando o sistema operacional Windows 8.1 Pro de 64 bits.

Para a execução da meta-heurística, os parâmetros e as penalizações utilizadas na função objetivo foram definidos de forma empírica, por meio da realização de vários testes. Observou-se que a ALNS se comportou melhor quando os pesos dos parâmetros σ_2 e σ_3 foram igualados. Por só haver uma oferta com carga horária com três horas na lista de ofertas, optou-se por colocar o valor da penalização ∂_6 abaixo de algumas das demais. Os valores desses parâmetros e penalizações são apresentados nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

Tabela 7 - Parâmetros utilizados pela ALNS.

Parâmetro	Valor
$ALNS_{max}$	100.000
T_{max}	500 seg
φ	50
σ_1	50
σ_2	10
σ_3	10
η	0,05
ζ	0,1
α	0,975
T_i	10.000
T_c	0,01

Tabela 8 - Penalizações da função objetivo.

Penalização	Valor	Penalização	Valor
∂_1	5.000	∂_9	20
∂_2	5.000	∂_{10}	4
∂_3	5.000	∂_{11}	600
∂_4	5.000	∂_{12}	10
∂_5	5.000	∂_{13}	10
∂_6	300	∂_{14}	10
∂_7	5.000	∂_{15}	500
∂_8	10		

A ALNS foi executada 10 vezes para o conjunto de ofertas de disciplinas do DCOMP (Tabela 6) e apresentou bons resultados, de acordo com os critérios de qualidade da solução estabelecidos neste trabalho. Todas as soluções foram obtidas a partir de uma solução inicial diferente da utilizada no ambiente de estudo (todas geradas aleatoriamente). A distribuição das ofertas realizada pelo DCOMP foi passada como entrada para a ALNS, resultando em uma solução *f(s)* = 760. O comparativo entre esta solução e as geradas pela meta-heurística é apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Comparativo entre os resultados obtidos pela ALNS.

Critérios	**Solução**										**Média**	**Real**
	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10		
CP_p	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CT_t	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0,30	0
CS_s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VS_s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TSI	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$D3H$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FTO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IT_p	9	10	10	10	9	10	10	10	9	9	9,75	10
JH_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
PP_t	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AS_d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ND_p	0	0	0	0	1	1	3	0	0	0	0,50	1
ASD	26	28	26	30	25	26	26	28	27	28	27,25	34
ADU	13	15	16	14	13	13	15	16	14	14	14,50	19
DHP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solução (*f(s)*)	**480**	**530**	**520**	**540**	**10480**	**500**	**540**	**540**	**5500**	**510**	**520**	**760**
Tempo (seg)	450,51	448,25	457,09	482,28	479,52	457,06	345,38	418,12	285,77	317,7	422,05	0

Dentre os dez testes realizados, oito deles apresentaram resultados melhores do que os utilizados no ambiente da universidade, e os outros dois foram piores e inviáveis. Os valores das médias apresentadas na Tabela 8 desconsideram os resultados das duas soluções inviáveis (S05 e S09).

O limite máximo de tempo estabelecido para cada execução da ALNS foi de 500 segundos. A média de tempo observada para se encontrar uma solução foi de 422,05 segundos, a média das soluções encontradas foi de 520 e a melhor solução apresentou o valor de *f*(*s*) = 480. A melhor solução é apresentada em detalhes no Apêndice B.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como foco a resolução do Problema de Programação de Horários de Disciplinas em Universidades, considerando o Departamento de Computação do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo como caso de estudo. Para resolver esse caso do PPHDU, foi proposta uma aplicação da meta-heurística *Adaptive Large Neighborhood Search*.

No caso específico do DCOMP, foram identificados alguns desafios, como por exemplo: salas de aula e laboratórios compartilhados entre os diversos departamentos e cursos, ou seja, não só para os cursos do DCOMP; uma mesma disciplina pode ser ofertada para vários cursos em um mesmo horário; etc.

Foi observado que tais desafios tornam a atividade de elaboração das grades de horários um processo demorado, burocrático e desgastante para todos os envolvidos. Assim, no intuito de facilitar a elaboração dessas grades e reduzir o tempo necessário para execução de tal tarefa, a ALNS se mostrou como uma alternativa eficiente para solucionar o problema em questão.

A ALNS aplicada ao problema PPHDU foi capaz de obter uma solução de maior qualidade em relação àquela gerada manualmente, atendendo de maneira prática e rápida às necessidades do DCOMP do CCA-UFES. Assim, diante dos resultados obtidos, é possível afirmar que a ALNS mostrou-se eficiente para resolução do PPHDU do DCOMP.

Como trabalho futuro, sugere-se a aplicação da ALNS para o CCA-UFES como um todo, ou seja, para elaboração do quadro de horários para todos os cursos ofertados por todos os departamentos do CCA-UFES.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZI, N.; GENDREAU, M.; POTVIN, J.-Y. *An adaptive large neighborhood search for a vehicle routing problem with multiple trips. CIRRELT* - Montréal, 2010. (Relatório Técnico). Disponível em: https://www.cirrelt.ca/documentstravail/cirrelt-2010-08.pdf. Acesso em: 28 ago. 2013.

BARBOSA, S. H. D; SOUZA, S. R. Resolução do problema de programação de Cursos universitários baseada em currículos via uma meta-heurística híbrida GRASP-ILS-relaxado. In: *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 43, 2011, Ubatuba. Anais... SBPO, 2011.

CANGALOVIÉ, M.; SCHREUDER, J. A. M. Exact colouring algorithm for weighted graphs applied to timetabling problems with lectures of different lengths. *European Journal of Operational Research Society*, v. 51, p. 248-258, 1991.

CARVALHO, R. *Abordagem heurística para o problema de programação de horários de cursos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2011.

CHAVES, A. A. *Uma meta-heurística híbrida com busca por agrupamentos aplicada a problemas de otimização combinatória***.** Tese (Doutorado em Computação Aplicada) **–** Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José Dos Campos, 2009.

CSIMA, J.; GOTLIEB, C. C. Tests on a computer method for construction of school timetables. *Communications of the ACM*, v. 7, p.160-163, 1964.

COOPER, T. B.; KINGSTON, J. H. The complexity of timetable construction problems. *Lecture Notes in Computer Science*, v. 1153, p. 283-295, 1996.

EISELT, H. A.; LAPORTE, G. Combinatorial optimization problems with soft and hard requirements. *Journal of Operations Research*, v. 38, n. 9, p. 785-795, 1987.

FERLAND, J. A., ROY, S. Timetabling problem for university as assignment of activity to resources. *Computers & Operations Research*, v. 12, p. 207-218, 1985.

FONSECA, G. H. G; RIBEIRO, R. G.; MARTINS, F. V. C. Uma abordagem híbrida de SAT e busca tabu para o problema da programação de horários escolares. In: *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 43, 2011, Ubatuba. *Anais*... SBPO, 2011.

GOTLIEB, C. C. The construction of class-teacher timetables. In: *Proceedings of IFIP Congress*, 1962. Amsterdam. *Anais*... North-Holland Pub. Co., Amsterdam, 1962.

LAPORTE, G.; MUSMANO, R.; VOCATURO, F. An adaptive large neighbourhood search heuristic for the capacitated arc-routing problem with stochastic demands. *Transportation Science*, v. 44, n. 1, p. 125-135, 2010.

NEUFELD, G. A.; TARTAR, J. Generalized graph colorations. *SIAM Journal on Applied Mathemathics*, v. 29, p. 91-98, 1974.

OSTERMANN, R.; WERRA, D. Some experiments with a timetabling system. *OR Spektrum*, v. 3, p.199-204, 1983.

RIBEIRO, G. M.; LAPORTE, G.; MAURI, G. R. A comparison of three metaheuristics for the workover rig routing problem. *European Journal of Operational Research*, v. 220, n. 1, p. 28-36, 2012.

ROPKE, S.; PISINGER, D. A unified heuristic for a large class of vehicle routing problems with backhauls. *European Journal of Operational Research*, v. 171, p. 750-775, jun. 2006a.

_____. An adaptive large neighborhood search heuristic for the pickup and delivery problem with time windows. *Transportation Science*, v. 40, n. 4, p. 455-472, 2006b.

SANTOS, H. G. *Formulações e algoritmos para o problema da programação de horários em escolas*. Tese (Doutorado em Computação) – Universidade Federal Fluminense (UFF), Niterói, 2007.

SANTOS, H. G.; SOUZA, M. J. F. Programação de horários em instituições educacionais: formulações e algoritmos. In: *Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, 39, 2007, Fortaleza. Anais... SBPO, 2007.

SCHAERF, A. A survey of automated timetabling. *Artificial Intelligence Review*, v.13, p. 87-127, 1999.

SCHMIDT, G., STRÖHLEIN, T. Timetable construction – an annotated bibliography. *The Computer Jornal*, v. 23, n. 4, p. 307-316, 1980.

SOUZA, M. J. F. *Programação de horários em escolas: uma aproximação por metaheurísticas*. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação) – Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Rio de Janeiro, 2000.

SHAW, P. *A new local search algorithm providing high quality solutions to vehicle routing problems*. University of Strathclyde - Glasgow, 1997. (Relatório Técnico). Disponível em: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.51.1273&rep=rep1&type=pdf. Acesso em: 28 ago. 2013.

TRIPATHY, A. School timetabling – a case in large binary integer linear programming. *Management Science*, v. 30, p. 1473-1489, 1984.

VERA C. H.; CORDEAU, J.-F; CRAINIC, T. G. An adaptive large neighborhood search heuristic for two-echelon vehicle routing problems arising in city logistics. *Computers & Operations Research*, v. 39, p. 3215-3228, 2012.

WOOD, D. C. A technique for colouring a graph applicable to large scale timetabling problems. *The Computer Journal*, v. 12, p. 317-319, 1969.

ZIVIANI, N. *Projeto de Algoritmos com Implementações em Pascal e C*. 3. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2010. 659 p.

A. APÊNDICE - QUADRO DE HORÁRIOS DO CCA-UFES

A seguir, são apresentados os quadros de horários confeccionados manualmente pelo DCOMP. As disciplinas destacadas em cinza nas grades de horários estão fixas, ou seja, não podem ser alocadas fora do estipulado, pois são ofertadas por outros departamentos.

Ciência da Computação - Período 1					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h			Programação I	Introdução a C.C	Programação I
11:00h-12:00h			Programação I	Introdução a C.C	Programação I
13:30h-14:30h	Cálculo A	Vetor e Geo. Analítica	Cálculo A	Vetor e Geo. Analítica	Cálculo A
14:30h-15:30h	Cálculo A	Vetor e Geo. Analítica	Cálculo A	Vetor e Geo. Analítica	Cálculo A
15:30h-16:30h	Inglês Instrumental		Introdução a C.C	Matemática Discreta	Matemática Discreta
16:30h-17:30h	Inglês Instrumental		Introdução a C.C	Matemática Discreta	Matemática Discreta
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
MPA06839	Cálculo A	Tharso	CC1	40	SL9-PN
ENG06849	Inglês Instrumental	Alexandre Rosa	CC1	40	SL1-PN
COM06850	Introdução a C.C	Bruno	CC1	40	SL9-PC / SL4-PC
COM06851	Matemática Discreta	Edmar	CC1	40	SL9-PN
COM06842	Programação I	Edmar/Tiago	CC1 / CC2	40	Lab. Inf 2 / Lab. Inf 3
MPA06840	Vetor e Geo. Analítica	Bernardo	CC1	40	SL9-PN

Figura 26 - Solução do CCA-UFES: 1º período de Ciência da Computação.

Ciência da Computação - Período 3					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h		Lógica Comp. II	Fund. Física III	Lógica Comp. II	
11:00h-12:00h		Lógica Comp. II	Fund. Física III	Lógica Comp. II	
13:30h-14:30h	Programação II	Arquitetura de Comp.	Arquitetura de Comp.	Mét. de Pesquisa	Estrutura de dados II
14:30h-15:30h	Programação II	Arquitetura de Comp.	Arquitetura de Comp.	Mét. de Pesquisa	Estrutura de dados II
15:30h-16:30h	Cálculo C	Programação II	Cálculo C	Estrutura de dados II	Fund. Física III
16:30h-17:30h	Cálculo C	Programação II	Cálculo C	Estrutura de dados II	Fund. Física III
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM10076	Arquitetura de Comp.	Valéria	CC3	40	SL3-PN / SL1-PN
MPA10077	Cálculo C	Átila	CC3	40	SL4-PC
COM10078	Estrutura de dados II	Helder	CC3	30	SL1-PN / Lab. Inf. 2
DQF10079	Fund. Física III	Ronald	CC3	35	Lab. Fis. 2 / SL1-PN
COM10080	Lógica Comp. II	Juliana	CC3	40	SL9-PN
COM10081	Mét. de Pesquisa	Larice	CC3	30	Lab. Inf. 2
COM10082	Programação II	Clayton	CC3	30	Lab. Inf. 3

Figura 27 - Solução do CCA-UFES: 3º período de Ciência da Computação.

Ciência da Computação - Período 5					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h	Estatística Básica	Mét. de Otimização	Estatística Básica	Ling. de Programação	
09:00h-10:00h	Estatística Básica	Mét. de Otimização	Estatística Básica	Ling. de Programação	
10:00h-11:00h		Eng. de Req. de Soft.	Eng. de Req. de Soft.		
11:00h-12:00h		Eng. de Req. de Soft.	Eng. de Req. de Soft.		
13:30h-14:30h	Mét. de Otimização	Teoria da Computação	D.S.W	Teoria da Computação	Ling. de Programação
14:30h-15:30h	Mét. de Otimização	Teoria da Computação	D.S.W	Teoria da Computação	Ling. de Programação
15:30h-16:30h		D.S.W	Redes de Comp.		Redes de Comp.
16:30h-17:30h		D.S.W	Redes de Comp.		Redes de Comp.
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
MPA06839	Eng. de Req. de Soft.	Clayton	CC5	25	Lab. Inf. 2 / SL9-PN
ENG06849	Estatística Básica	Maristela	CC5	30	SL1-PN
COM06850	Ling. de Programação	Rodrigo	CC5	20	SL9-PC
COM06851	Mét. de Otimização	Geraldo	CC5	20	Lab. Inf. 2
COM06842	Redes de Comp.	Rodrigo	CC5	20	Lab. Inf. 2
MPA06840	Teoria da Computação	Juliana	CC5	25	SL1-PN
MPA06840	D.S.W	Bruno	CC5	30	Lab. Inf. 2

Figura 28 - Solução do CCA-UFES: 5º período de Ciência da Computação.

Ciência da Computação - Período 7					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					Compiladores
09:00h-10:00h					Compiladores
10:00h-11:00h		TCC	Gerenciamento de BD.	Compiladores	Gerenciamento de BD.
11:00h-12:00h		TCC	Gerenciamento de BD.	Compiladores	Gerenciamento de BD.
13:30h-14:30h		Ger. de Proj. de Soft.	D.S.W	Administração e Eco.	
14:30h-15:30h		Ger. de Proj. de Soft.	D.S.W	Administração e Eco.	
15:30h-16:30h	Ger. de Proj. de Soft.	D.S.W	Inteligência Artificial	Administração e Eco.	Inteligência Artificial
16:30h-17:30h	Ger. de Proj. de Soft.	D.S.W	Inteligência Artificial	Administração e Eco.	Inteligência Artificial
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
MPA06839	Administração e Eco.	Clóvis	CC7	30	SL4-PC
ENG06849	Compiladores	Rodrigo	CC7	20	SL9-PC / SL4-PC
COM06850	Ger. de Proj. de Soft.	Clayton	CC7	20	Lab. Inf. 3 / SL4-PC
COM06851	Inteligência Artificial	Jacson	CC7	40	Lab. Inf. 7
COM06842	D.S.W	Bruno	CC7	20	Lab. Inf. 2
MPA06840	Gerenciamento de BD.	Antonio	CC7	20	Lab. Inf. 7
ENG10793	TCC I	Edmar	CC7	10	SL9-PC

Figura 29 - Solução do CCA-UFES: 7º período de Ciência da Computação.

Sistemas de Informação - Período 1					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h	Português Inst.	Vet. e Geo. Analítica	Lógica Comp. I	Vet. e Geo. Analítica	Programação I
19:10h-20:00h	Português Inst.	Vet. e Geo. Analítica	Lógica Comp. I	Vet. e Geo. Analítica	Programação I
20:00h-20:50h	Introdução a Inf.	Introdução a Inf.	Int. aos Sist. de Inf.	Programação I	Lógica Comp. I
21:00h-21:50h	Introdução a Inf.	Introdução a Inf.	Int. aos Sist. de Inf.	Programação I	Lógica Comp. I
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06847	Introdução a Inf.	Larice/Valeria	SI1	35/35	Lab. Inf. 1 / Lab. Inf. 2
DMA06840	Vet. e Geo. Analítica	Eleonésio	SI1	70	Maracanã
COM06853	Lógica Comp. I	Jacson	SI1	70	Maracanã
COM06852	Int. aos Sist. de Inf.	Edmar	SI1	70	Maracanã
ENG06854	Português Inst.	Alexandre	SI1	70	Maracanã
COM06842	Programação I	Edmar/Thiago	SI1	35/35	Lab. Inf. 2 / Lab. Inf. 3

Figura 30 - Solução do CCA-UFES: 1º período de Sistemas de Informação.

Sistemas de Informação - Período 3					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h	Est. de Dados I	Álgebra Linear	Comp. e Complex.	Sist. de Ap. a Decisão	Sist. de Ap. a Decisão
19:10h-20:00h	Est. de Dados I	Álgebra Linear	Comp. e Complex.	Sist. de Ap. a Decisão	Sist. de Ap. a Decisão
20:00h-20:50h	Comp. e Complex.	Est. de Dados I	Eng. de Software	Álgebra Linear	Eng. de Software
21:00h-21:50h	Comp. e Complex.	Est. de Dados I	Eng. de Software	Álgebra Linear	Eng. de Software
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06992	Est. de Dados I	Juliana	SI3	30	Lab. Inf. 2 / Lab. Inf. 3
COM10014	Comp. e Complex.	Juliana	SI3	40	SL12-PN
MPA06855	Álgebra Linear	Eleonésio	SI3	45	SL4-PC
COM10015	Eng. de Software	Bruno	SI3	30	SL12-PN
COM10016	Sist. de Ap. a Decisão	Simone	SI3	40	SL12-PN

Figura 31 - Solução do CCA-UFES: 3º período de Sistemas de Informação.

Sistemas de Informação - Período 5					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h	Proj. de Sist. de Soft.	Otimização Linear	Banco de Dados	Banco de Dados	Sistemas Op.
19:10h-20:00h	Proj. de Sist. de Soft.	Otimização Linear	Banco de Dados	Banco de Dados	Sistemas Op.
20:00h-20:50h	Otimização Linear	Proj. de Sist. de Soft.	Sistemas Op.	Inter. Humano Com.	Inter. Humano Com.
21:00h-21:50h	Otimização Linear	Proj. de Sist. de Soft.	Sistemas Op.	Inter. Humano Com.	Inter. Humano Com.
21:50h-22:40h					

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM10508	Proj. de Sist. de Soft.	Clayton	SI5	30	Ali 3 / Lab. Inf. 3
COM10014	Otimização Linear	Geraldo	SI5	40	SL12-PN
COM10129	Banco de Dados	Antônio	SI5	30	Lab. Inf. 3
COM10132	Sistemas Op.	Jacson	SI5	20	ALi3 / Maracanã
COM10507	Inter. Humano Com.	Simone	SI5	30	Ali 3 / Lab. Inf. 3

Figura 32 - Solução do CCA-UFES: 5º período de Sistemas de Informação.

Sistemas de Informação - Período 7					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h	Inf. e Sociedade	Seg. e Auditoria	Comércio Eletrônico	Administração e Eco.	Sistemas Distribuídos
19:10h-20:00h	Inf. e Sociedade	Seg. e Auditoria	Comércio Eletrônico	Administração e Eco.	Sistemas Distribuídos
20:00h-20:50h	Sistemas Distribuídos	Comércio Eletrônico	Seg. e Auditoria	Administração e Eco.	Proc. Digital de Im.
21:00h-21:50h	Sistemas Distribuídos	Comércio Eletrônico	Seg. e Auditoria	Administração e Eco.	Proc. Digital de Im.
21:50h-22:40h		Proc. Digital de Im.			Proc. Digital de Im.

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06996	Inf. e Sociedade	Larice	SI7	30	SL1-PN
COM10616	Sistemas Distribuídos	Helder	SI7	20	SL1-PN
ENG11007	Seg. e Auditoria	Simone	SI7	20	SL1-PN / Lab. Inf. 2
COM10006	Comércio Eletrônico	Simone	SI7	20	SL1-PN / Lab. Inf. 2
CFM10426	Administração e Eco.	Clóvis	SI7	40	SL1-PN
COM10399	Proc. Digital de Im.	Thiago	SI7	20	SL1-PN

Figura 33 - Solução do CCA-UFES: 7º período de Sistemas de Informação.

Sistemas de Informação - Período 9					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h	Tópicos Esp. em Inf.	Comp. Forense	Libras	Comp. Forense	Libras
19:10h-20:00h	Tópicos Esp. em Inf.	Comp. Forense	Libras	Comp. Forense	Libras
20:00h-20:50h		Sistema de Sof. Livre	Estágio em Inf.	Tópicos Esp. em Inf.	TCCII
21:00h-21:50h		Sistema de Sof. Livre	Estágio em Inf.	Tópicos Esp. em Inf.	TCCII
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM10612	Tópicos Esp. em Inf.	Valéria	SI9	20	SL12-PN / Maracanã
COM10607	Comp. Forense	Jacson	SI9	20	Lab. Inf. 7
COM11259	Sistema de Sof. Livre	Jacson	SI9	20	Maracanã
COM10006	Libras	Aline	SI9	20	Ali 3
COM11260	Estágio em Inf.	Larice	SI9	10	SL1-PN
COM11261	TCCII	Edmar	SI9	10	SL1-PN

Figura 34 - Solução do CCA-UFES: 9º período de Sistemas de Informação.

Agronomia - Período 1					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h		Informática			
16:30h-17:30h		Informática			
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM05207	Informática	Larice	AG1	30	Lab. Inf. 1

Figura 35 - Solução do CCA-UFES: 1º período de Agronomia.

Ciências Biológicas (bacharelado) - Período 2					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h	Informática				
16:30h-17:30h	Informática				
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM05207	Informática	Larice	BB2	30	Lab. Inf. 1

Figura 36 - Solução do CCA-UFES: 2º período de Ciências Biológicas.

Engenharia de Alimentos - Período 3					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h		Lógica e Téc. de Prog.			Lógica e Téc. de Prog.
14:30h-15:30h		Lógica e Téc. de Prog.			Lógica e Téc. de Prog.
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06039	Lógica e Téc. de Prog.	Bruno	EA3	37	Lab. Inf. 1

Figura 37 - Solução do CCA-UFES: 3º período de Engenharia de Alimentos.

Engenharia Florestal - Período 2					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h	Informática				
16:30h-17:30h	Informática				
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM05207	Informática	Larice	EF2	30	Lab. Inf. 1

Figura 38 - Solução do CCA-UFES: 2º período de Engenharia Florestal.

Engenharia Madeira - Período 3					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h		Lógica e Téc. de Prog.			Lógica e Téc. de Prog.
14:30h-15:30h		Lógica e Téc. de Prog.			Lógica e Téc. de Prog.
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06039	Lógica e Téc. de Prog.	Bruno	EA3	37	Lab. Inf. 1

Figura 39 - Solução do CCA-UFES: 3º período de Engenharia de Madeira.

Engenharia Química - Período 1					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h			Programação I		Programação I
11:00h-12:00h			Programação I		Programação I
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06842	Programação I	Thiago	EQ1	37	Lab. Inf. 2

Figura 40 - Solução do CCA-UFES: 1º período de Engenharia Química.

Geologia - Período 3					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h		Lógica e Téc. de Prog.			Lógica e Téc. de Prog.
14:30h-15:30h		Lógica e Téc. de Prog.			Lógica e Téc. de Prog.
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06039	Lógica e Téc. de Prog.	Bruno	GE3	37	Lab. Inf. 1

Figura 41 - Solução do CCA-UFES: 3º período de Geologia.

Matemática - Período 1					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h		Introdução a Inf.		Introdução a Inf.	
19:10h-20:00h		Introdução a Inf.		Introdução a Inf.	
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06847	Introdução a Inf.	Valéria / Bruno	MA1	35	Lab. Inf. 1 / Lab. Inf. 2

Figura 42 - Solução do CCA-UFES: 1º período de Matemática.

Matemática - Período 5					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h		Algoritmos Numéricos		Algoritmos Numéricos	
19:10h-20:00h		Algoritmos Numéricos		Algoritmos Numéricos	
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM10128	Algoritmos Numéricos	Thiago	MA5	15	SL9-PN

Figura 43 - Solução do CCA-UFES: 5º período de Matemática.

Nutrição - Período 2					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h	Informática				
16:30h-17:30h	Informática				
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM05207	Informática	Larice	NT2	30	Lab. Inf. 1

Figura 44 - Solução do CCA-UFES: 2º período de Nutrição.

B. APÊNDICE - QUADRO DE HORÁRIOS OBTIDO PELA ALNS

A seguir, são apresentados os quadros de horários da melhor solução obtida pela ALNS proposta neste trabalho.

Ciência da Computação - Período 1					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h	Matemática Discreta			Matemática Discreta	
09:00h-10:00h	Matemática Discreta			Matemática Discreta	
10:00h-11:00h	Introdução a C.C		Programação I	Introdução a C.C	Programação I
11:00h-12:00h	Introdução a C.C		Programação I	Introdução a C.C	Programação I
13:30h-14:30h	Cálculo A	Vetor e Geo. Analítica	Cálculo A	Vetor e Geo. Analítica	Cálculo A
14:30h-15:30h	Cálculo A	Vetor e Geo. Analítica	Cálculo A	Vetor e Geo. Analítica	Cálculo A
15:30h-16:30h	Inglês Instrumental				
16:30h-17:30h	Inglês Instrumental				
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
MPA06839	Cálculo A	Tharso	CC1	40	SL9-PN
ENG06849	Inglês Instrumental	Alexandre Rosa	CC1	40	SL1-PN
COM06850	Introdução a C.C	Bruno	CC1	40	SL9-PC
COM06851	Matemática Discreta	Edmar	CC1	40	SL9-PN
COM06842	Programação I	Edmar/Tiago	CC1 / CC2	40	Lab. Inf 1 / Lab. Inf 2
MPA06840	Vetor e Geo. Analítica	Bernardo	CC1	40	SL9-PN

Figura 45 - Solução da ALNS: 1º período de Ciência da Computação.

Ciência da Computação - Período 3					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h			Programação II		Estrutura de dados II
09:00h-10:00h			Programação II		Estrutura de dados II
10:00h-11:00h			Fund. Física III	Mét. de Pesquisa	Arquitetura de Comp.
11:00h-12:00h			Fund. Física III	Mét. de Pesquisa	Arquitetura de Comp.
13:30h-14:30h	Lógica Comp. II	Lógica Comp. II	Arquitetura de Comp.	Estrutura de dados II	Programação II
14:30h-15:30h	Lógica Comp. II	Lógica Comp. II	Arquitetura de Comp.	Estrutura de dados II	Programação II
15:30h-16:30h	Cálculo C		Cálculo C		Fund. Física III
16:30h-17:30h	Cálculo C		Cálculo C		Fund. Física III
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM10076	Arquitetura de Comp.	Valéria	CC3	40	SL1-PN / SL9-PC
MPA10077	Cálculo C	Átila	CC3	40	SL4-PC
COM10078	Estrutura de dados II	Helder	CC3	30	SL1-PN / Lab. Inf. 2
DQF10079	Fund. Física III	Ronald	CC3	35	Lab. Fis. 2 / SL1-PN
COM10080	Lógica Comp. II	Juliana	CC3	40	SL4-PC / SL3-PN
COM10081	Mét. de Pesquisa	Larice	CC3	30	Lab. Inf. 2
COM10082	Programação II	Clayton	CC3	30	Lab. Inf. 2 / Lab. Inf. 3

Figura 46 - Solução da ALNS: 3º período de Ciência da Computação.

Ciência da Computação - Período 5					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h	Estatística Básica		Estatística Básica		Eng. de Req. de Soft.
09:00h-10:00h	Estatística Básica		Estatística Básica		Eng. de Req. de Soft.
10:00h-11:00h	Ling. de Programação	Mét. de Otimização	D.S.W		D.S.W
11:00h-12:00h	Ling. de Programação	Mét. de Otimização	D.S.W		D.S.W
13:30h-14:30h		Redes de Comp.	Mét. de Otimização	Eng. de Req. de Soft.	Ling. de Programação
14:30h-15:30h		Redes de Comp.	Mét. de Otimização	Eng. de Req. de Soft.	Ling. de Programação
15:30h-16:30h			Teoria da Computação	Teoria da Computação	Redes de Comp.
16:30h-17:30h			Teoria da Computação	Teoria da Computação	Redes de Comp.
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
MPA06839	Eng. de Req. de Soft.	Clayton	CC5	25	Lab. Inf. 2 / SL4-PC
ENG06849	Estatística Básica	Maristela	CC5	30	SL1-PN
COM06850	Ling. de Programação	Rodrigo	CC5	20	SL1-PN / SL9-PC
COM06851	Mét. de Otimização	Geraldo	CC5	20	Lab. Inf. 2 / Lab. Inf. 3
COM06842	Redes de Comp.	Rodrigo	CC5	20	Lab. Inf. 3
MPA06840	Teoria da Computação	Juliana	CC5	25	SL9-PC
MPA06840	D.S.W	Bruno	CC5	30	Lab. Inf. 3

Figura 47 - Solução da ALNS: 5º período de Ciência da Computação.

Ciência da Computação - Período 7					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h	Compiladores	Gerenciamento de BD.			
09:00h-10:00h	Compiladores	Gerenciamento de BD.			
10:00h-11:00h	Gerenciamento de BD.	Compiladores	D.S.W	Ger. de Proj. de Soft.	D.S.W
11:00h-12:00h	Gerenciamento de BD.	Compiladores	D.S.W	Ger. de Proj. de Soft.	D.S.W
13:30h-14:30h	Inteligência Artificial	Inteligência Artificial	Ger. de Proj. de Soft.	Administração e Eco.	
14:30h-15:30h	Inteligência Artificial	Inteligência Artificial	Ger. de Proj. de Soft.	Administração e Eco.	
15:30h-16:30h	TCC			Administração e Eco.	
16:30h-17:30h	TCC			Administração e Eco.	
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
MPA06839	Administração e Eco.	Clóvis	CC7	30	SL4-PC
ENG06849	Compiladores	Rodrigo	CC7	20	SL9-PC
COM06850	Ger. de Proj. de Soft.	Clayton	CC7	20	Lab. Inf. 2 / Lab. Inf. 3
COM06851	Inteligência Artificial	Jacson	CC7	40	Lab. Inf. 3 / Lab. Inf. 2
COM06842	D.S.W	Bruno	CC7	20	Lab. Inf. 3
MPA06840	Gerenciamento de BD.	Antonio	CC7	20	Lab. Inf. 2
ENG10793	TCC I	Edmar	CC7	10	SL9-PC

Figura 48 - Solução da ALNS: 7º período de Ciência da Computação.

Sistemas de Informação - Período 1					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h	Português Inst.	Vet. e Geo. Analítica	Introdução a Inf.	Vet. e Geo. Analítica	Programação I
19:10h-20:00h	Português Inst.	Vet. e Geo. Analítica	Introdução a Inf.	Vet. e Geo. Analítica	Programação I
20:00h-20:50h	Lógica Comp. I	Int. aos Sist. de Inf.	Lógica Comp. I	Programação I	Introdução a Inf.
21:00h-21:50h	Lógica Comp. I	Int. aos Sist. de Inf.	Lógica Comp. I	Programação I	Introdução a Inf.
21:50h-22:40h					

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06847	Introdução a Inf.	Larice/Valeria	SI1	35/35	Lb. In. 2-3 / Lb. In. 1-2
DMA06840	Vet. e Geo. Analítica	Eleonésio	SI1	70	Maracanã
COM06853	Lógica Comp. I	Jacson	SI1	70	Ali 3
COM06852	Int. aos Sist. de Inf.	Edmar	SI1	70	Ali 3
ENG06854	Português Inst.	Alexandre	SI1	70	Maracanã
COM06842	Programação I	Edmar/Thiago	SI1	35/35	Lab. Inf. 1/ Lab. Inf. 2

Figura 49 - Solução da ALNS: 1º período de Sistemas de Informação.

Sistemas de Informação - Período 3					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h	Comp. e Complex.	Álgebra Linear	Eng. de Software	Est. de Dados I	Eng. de Software
19:10h-20:00h	Comp. e Complex.	Álgebra Linear	Eng. de Software	Est. de Dados I	Eng. de Software
20:00h-20:50h	Est. de Dados I	Sist. de Ap. a Decisão	Sist. de Ap. a Decisão	Álgebra Linear	Comp. e Complex.
21:00h-21:50h	Est. de Dados I	Sist. de Ap. a Decisão	Sist. de Ap. a Decisão	Álgebra Linear	Comp. e Complex.
21:50h-22:40h					

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06992	Est. de Dados I	Juliana	SI3	30	Lab. Inf. 2
COM10014	Comp. e Complex.	Juliana	SI3	40	Ali 3
MPA06855	Álgebra Linear	Eleonésio	SI3	45	SL4-PC
COM10015	Eng. de Software	Bruno	SI3	30	SL12-PN
COM10016	Sist. de Ap. a Decisão	Simone	SI3	40	SL1-PN

Figura 50 - Solução da ALNS: 3º período de Sistemas de Informação.

Sistemas de Informação - Período 5					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h	Sistemas Op.	Otimização Linear	Banco de Dados	Proj. de Sist. de Soft.	Sistemas Op.
19:10h-20:00h	Sistemas Op.	Otimização Linear	Banco de Dados	Proj. de Sist. de Soft.	Sistemas Op.
20:00h-20:50h	Otimização Linear	Banco de Dados	Proj. de Sist. de Soft.	Inter. Humano Com.	Inter. Humano Com.
21:00h-21:50h	Otimização Linear	Banco de Dados	Proj. de Sist. de Soft.	Inter. Humano Com.	Inter. Humano Com.
21:50h-22:40h					

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM10508	Proj. de Sist. de Soft.	Clayton	SI5	30	Lab. Inf. 2 / SL12-PN
COM10014	Otimização Linear	Geraldo	SI5	40	Lab. Inf. 1 / Ali 3
COM10129	Banco de Dados	Antônio	SI5	30	Lab. Inf. 2 / Lab. Inf. 1
COM10132	Sistemas Op.	Jacson	SI5	20	Lab. Inf. 2 / SL1-PN
COM10507	Inter. Humano Com.	Simone	SI5	30	Lab. Inf. 3 / SL1-PN

Figura 51 - Solução da ALNS: 5º período de Sistemas de Informação.

Sistemas de Informação - Período 7					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h	Comércio Eletrônico	Comércio Eletrônico	Sistemas Distribuídos	Administração e Eco.	Seg. e Auditoria
19:10h-20:00h	Comércio Eletrônico	Comércio Eletrônico	Sistemas Distribuídos	Administração e Eco.	Seg. e Auditoria
20:00h-20:50h	Seg. e Auditoria	Inf. e Sociedade	Proc. Digital de Im.	Administração e Eco.	Sistemas Distribuídos
21:00h-21:50h	Seg. e Auditoria	Inf. e Sociedade	Proc. Digital de Im.	Administração e Eco.	Sistemas Distribuídos
21:50h-22:40h	Proc. Digital de Im.		Proc. Digital de Im.		

Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06996	Inf. e Sociedade	Larice	SI7	30	SL12-PN
COM10616	Sistemas Distribuídos	Helder	SI7	20	SL1-PN / SL12-PN
ENG11007	Seg. e Auditoria	Simone	SI7	20	SL12-PN / Lab. Inf. 5
COM10006	Comércio Eletrônico	Simone	SI7	20	Lab. Inf. 3 / SL1-PN
CFM10426	Administração e Eco.	Clóvis	SI7	40	SL1-PN
COM10399	Proc. Digital de Im.	Thiago	SI7	20	Lab. Inf. 3 / lab. Inf. 5

Figura 52 - Solução da ALNS: 7º período de Sistemas de Informação.

Sistemas de Informação - Período 9					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h	TCCII	Comp. Forense	Libras	Sistema de Sof. Livre	Libras
19:10h-20:00h	TCCII	Comp. Forense	Libras	Sistema de Sof. Livre	Libras
20:00h-20:50h	Estágio em Inf.		Tópicos Esp. em Inf.	Tópicos Esp. em Inf.	Comp. Forense
21:00h-21:50h	Estágio em Inf.		Tópicos Esp. em Inf.	Tópicos Esp. em Inf.	Comp. Forense
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM10612	Tópicos Esp. em Inf.	Valéria	SI9	20	SL12-PN
COM10607	Comp. Forense	Jacson	SI9	20	Lab. Inf. 2 / Lab. Inf. 3
COM11259	Sistema de Sof. Livre	Jacson	SI9	20	Ali 3
COM10006	Libras	Aline	SI9	20	Ali 3
COM11260	Estágio em Inf.	Larice	SI9	10	SL1-PN
COM11261	TCCII	Edmar	SI9	10	SL1-PN

Figura 53 - Solução da ALNS: 9º período de Sistemas de Informação.

Agronomia - Período 1					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h	Informática				
16:30h-17:30h	Informática				
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM05207	Informática	Larice	AG1	30	Lab. Inf. 3

Figura 54 - Solução da ALNS: 1º período de Agronomia.

Ciências Biológicas (bacharelado) - Período 2					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h			Informática		
16:30h-17:30h			Informática		
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM05207	Informática	Larice	BD2	30	Lab. Inf. 3

Figura 55 - Solução da ALNS: 2º período de Ciências Biológicas.

Engenharia de Alimentos - Período 3					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h	Lógica e Téc. de Prog.				
09:00h-10:00h	Lógica e Téc. de Prog.				
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h		Lógica e Téc. de Prog.			
16:30h-17:30h		Lógica e Téc. de Prog.			
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06039	Lógica e Téc. de Prog.	Bruno	EA3	37	Lab. Inf. 2 / Lab. Inf. 3

Figura 56 - Solução da ALNS: 3º período de Engenharia de Alimentos.

Engenharia Florestal - Período 2					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h			Informática		
16:30h-17:30h			Informática		
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM05207	Informática	Larice	EF2	30	Lab. Inf. 3

Figura 57 - Solução da ALNS: 2º período de Engenharia Florestal.

Engenharia Madeira - Período 3					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h	Lógica e Téc. de Prog.				
09:00h-10:00h	Lógica e Téc. de Prog.				
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h		Lógica e Téc. de Prog.			
16:30h-17:30h		Lógica e Téc. de Prog.			
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06039	Lógica e Téc. de Prog.	Bruno	EA3	37	Lab. Inf. 2 / Lab. Inf. 3

Figura 58 - Solução da ALNS: 3º período de Engenharia de Madeira.

Engenharia Química - Período 1					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h			Programação I		Programação I
11:00h-12:00h			Programação I		Programação I
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06842	Programação I	Thiago	EQ1	37	Lab. Inf. 2

Figura 59 - Solução da ALNS: 1º período de Engenharia Química.

Geologia - Período 3					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h	Lógica e Téc. de Prog.				
09:00h-10:00h	Lógica e Téc. de Prog.				
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h		Lógica e Téc. de Prog.			
16:30h-17:30h		Lógica e Téc. de Prog.			
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06039	Lógica e Téc. de Prog.	Bruno	GE3	37	Lab. Inf. 2 / Lab. Inf. 3

Figura 60 - Solução da ALNS: 3º período de Geologia.

Matemática - Período 1					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h				Introdução a Inf. B	Introdução a Inf. B
19:10h-20:00h				Introdução a Inf. B	Introdução a Inf. B
20:00h-20:50h		Introdução a Inf. A	Introdução a Inf. A		
21:00h-21:50h		Introdução a Inf. A	Introdução a Inf. A		
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM06847	Introdução a Inf. B	Valéria	MA1	35	Lab. Inf. 3
COM06847	Introdução a Inf. A	Bruno	MA1	35	Lab. Inf. 3

Figura 61 - Solução da ALNS: 1º período de Matemática.

Matemática - Período 5					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h					
16:30h-17:30h					
18:20h-19:10h	Algoritmos Numéricos	Algoritmos Numéricos			
19:10h-20:00h	Algoritmos Numéricos	Algoritmos Numéricos			
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM10128	Algoritmos Numéricos	Thiago	MA5	15	SL12-PN

Figura 62 - Solução da ALNS: 5º período de Matemática.

Nutrição - Período 2					
	SEG	TER	QUA	QUI	SEX
07:00h-08:00h					
08:00h-09:00h					
09:00h-10:00h					
10:00h-11:00h					
11:00h-12:00h					
13:30h-14:30h					
14:30h-15:30h					
15:30h-16:30h			Informática		
16:30h-17:30h			Informática		
18:20h-19:10h					
19:10h-20:00h					
20:00h-20:50h					
21:00h-21:50h					
21:50h-22:40h					
Código	Disciplinas	Professor	Curso	Vagas	Local
COM05207	Informática	Larice	NT2	30	Lab. Inf. 3

Figura 63 - Solução da ALNS: 2º período de Nutrição.