CORDENONSI, A. Z., MÜLLER, Felipe Martins, BASTOS, Fábio da Purificação de A Prática da Educação-Dialógica Problematizadora através do LOBO In: V Congresso Brasileiro de Ensino Superior à Distância, 2008, Gramado - RS. Anais do V Congresso Brasileiro de Ensino Superior à Distância. Porto Alegre: ABED, 2008.

A Prática da Educação-Dialógica Problematizadora através do LOBO

Andre Zanki Cordenonsi[1], Felipe Martins Müller[2], Fábio da Purificação de Bastos[3]

[1]Departamento de Documentação – UFSM – Santa Maria – RS – Brasil

[2] Departamento de Eletrônica e Computação – UFSM – Santa Maria – RS – Brasil

[3]Departamento de Metodologia da Educação – UFSM – Santa Maria – RS – Brasil

andrezc@inf.ufsm.br, felipe@inf.ufsm.br, fbastos@ce.ufsm.br

Abstract. *This paper presents an experience report through the Dialogical-Education based on Problems methodology, using the LOBO learning object. The paper shows the professor lessons and comments, which are defined using the methodology presented.*

Resumo. *Este artigo apresenta uma experiência realizada com a aplicação da prática da educação-dialógica problematizadora através do objeto de aprendizagem LOBO. São apresentadas as aulas e as observações realizadas através desta metodologia.*

1. Introdução

Este artigo destaca a Prática Educacional Dialógica-Problematizadora (PEDP) (Carr, Kemmis, 1986) através da utilização do objeto de aprendizagem LOBO (*Learning Object Based on Optimization*), para turmas de Inteligência Artificial que trabalham com o tema *Heurísticas e Metaheurísticas*. Esta área, com aplicação em otimização de sistemas, é abordada com ênfase em diversos cursos de graduação, principalmente na computação, engenharias e matemática. Em formas gerais, a otimização tem como objetivo a resolução da alocação de recursos, tipicamente limitados, com o intuito de alcançar determinados objetivos. Considerando que existe um conjunto discreto de soluções possíveis, a resolução de um problema de otimização combinatória inclui o processo de geração, avaliação e comparação de soluções, num determinado limite de tempo. A otimização é um tópico central nas áreas da ciência da computação, inteligência artificial e pesquisa operacional.

Já uma heurística pode ser definida como um algoritmo que encontra uma solução factível, não necessariamente a melhor solução – apesar de poder encontrá-la, para um determinado problema com uma determinada função objetivo, num tempo computacional razoável (Diaz *et al.*, 1996). Estas heurísticas também podem ser facilmente adaptáveis a outros tipos de problemas envolvendo as áreas de Inteligência Artificial, Redes de Computadores e Arquitetura de Computadores. No entanto, somente a aplicação de heurísticas pode não resolver todas as classes de problemas. As metaheurísticas, que se caracterizam por guiarem outras heurísticas, têm sido particularmente interessantes na resolução de problemas de grandes dimensões. Em relação às metaheurísticas, podem-se citar como principais métodos o *simulated*

annealing, a busca tabu e os algoritmos genéticos. Nas próximas páginas, destacaremos a metodologia pedagógica utilizada (seção 2), o objeto de aprendizagem desenvolvido (seção 3) e, principalmente, a forma de utilização (planejamento e execução) do objeto através da metodologia escolhida. Na seção cinco, são apresentadas algumas conclusões do trabalho.

2. Prática Educacional Dialógica-Problematizadora

Em (Angotti, Delizoicov, 1990), a espiral reflexiva da investigação-ação (Carr, Kemmins, 1986) foi desenvolvida através do aporte metodológico dos três momentos pedagógicos, implementado pelos autores no contexto do ensino de ciências naturais. O primeiro momento é o *Problematização Inicial,* apresentado, normalmente, como uma questão e/ou situação que deve ser discutida e debatida pelos alunos. A problematização inicial deve problematizar, de forma dialógica, o tema a ser tratado durante a atividade educativa. Durante uma aula, este problema é colocado para os alunos na forma de uma questão, por exemplo, onde os mesmos podem expor seu conhecimento prévio sobre o assunto, discutindo suas implicações. Este momento é primordial para que ocorra o clima dialógico, comunicativo e participativo, onde as idéias podem ser livremente debatidas – considerando que o professor, mesmo assim, ainda é o foco dirigente do processo e não pode se abster desta responsabilidade.

No segundo momento, a *Organização do Conhecimento*, o professor deve orientar a sistematização do mesmo, para a completa compreensão do tema e do problema apresentado. Esta organização visa ampliar o diálogo do desafio inicial, introduzindo uma nova visão de conhecimento aos alunos, visão esta oriunda do mundo escolar e científico. Finalmente, o terceiro e último momento, a *Aplicação do conhecimento*, a visão ampliada e crítica do aluno deverá ser usada por estes para analisar o problema inicial, generalizando-o para outras situações que também são explicadas pelo mesmo conhecimento. Novos desafios são colocados para a análise dos alunos, explicitando também as limitações do novo conhecimento prévio e científico.

Em (De Bastos e Müller, 1999), os três momentos pedagógicos foram reorganizados em: *Desafio Inicial*, *Melhor Solução Educacional no Momento* e *Desafio Mais Amplo*. Para os autores, o *desafio inicial* deveria envolver uma atividade a realizar e não uma questão, transformando o momento em uma efetiva resolução de um problema, diferenciando, assim, da *questão* apresentada anteriormente. A *melhor solução educacional no momento* está relacionada à resolução do problema e o *desafio mais amplo* amplia o horizonte da questão específica, trabalhando sob o conhecimento geral da disciplina. De forma prática, o modelo é ativado no início da aula com um *Desafio Inicial*, que instiga os alunos a investigarem suas próprias visões de mundo através de um desafio concreto e/ou um problema a ser resolvido. Através de múltiplas interações entre aluno/professor e aluno/aluno, deve-se consolidar o conhecimento científico através da codificação/decodificação da *Melhor Solução Educacional no Momento*, sistematizada pelo professor. Desta forma, este pode confrontar as visões de mundo dos alunos, tencionando as visões científicas e cotidianas, rompendo-as e problematizando o *desafio mais amplo*, "que busca avaliar processualmente a universalidade, validade e limitação do conhecimento científico-tecnológico abordado na aula." (De Bastos e Müller, 1999).

3. LOBO: *Learning Object Based on Optimization*

O objeto de aprendizagem LOBO (*Learning Object Based on Optimization*) foi desenvolvido com o objetivo de propiciar aos professores e alunos uma base comum para as experimentações necessárias à condução das atividades didáticas que envolvem o ensino na área de heurísticas e metaheurísticas. O LOBO pode ser utilizado como um *objeto de aprendizagem* para a condução de investigações iniciais que explorem a área de heurísticas e metaheurísticas para problemas combinatórios, bem como um *framework* de desenvolvimento de algoritmos. Desta foram, foram definidas dois modos de utilização do objeto: o modo tutoriado e o modo *expert*.

O modo tutoriado apresenta uma série de telas informativas ao usuário, fornecendo dicas e informações acerca da implementação do LOBO, bem como explicações mais detalhadas dos algoritmos implementados e a teoria do desenvolvimento de heurísticas e metaheurísticas. O modo *expert* não apresenta estas informações, transformando o LOBO, deste modo, em uma ferramenta de experimentação pura, onde os resultados são interpretados pelos próprios usuários.

O objeto permite a realização de experimentos com algoritmos heurísticos e metaheurísticos para o Problema do Caixeiro Viajante (PCV). Este problema pode ser definido como: um caixeiro viajante recebe a informação de um conjunto de cidades e um custo c_{ij} associado a cada par de cidades i e j deste conjunto. Usualmente, este custo representa a distância de partir da cidade i até a cidade j. O caixeiro deve partir de uma cidade inicial, passar por todas as demais somente uma única vez e retornar à cidade de partida. O problema consiste em encontrar uma trajetória que percorra o menor caminho possível. Em relação ao custo c_{ij}, apesar da distância ser a variável mais comum, pode haver variações e outras informações podem ser quantificadas neste custo, tais como pedágios ou condições da rodovia – por exemplo, uma rodovia sem asfalto pode ser penalizada com o acréscimo de uma distância fixa ou proporcional ao trecho. Este é um dos problemas mais estudados na área de otimização e tem diversas aplicações práticas (Lawler *et al.*, 1985).

Ao iniciar o objeto, o usuário percebe a interface completa do LOBO, formada por quatro áreas distintas, representadas na figura 1: (a)menu principal, (b)botões de ação, (c)histórico dos resultados e (d)área de simulação. Como é possível notar, o quarto botão se encontra pressionado. Este botão representa os modos do objeto. Na posição padrão, o modo tutoriado está ativo e o botão permanece pressionado. Ao clicar sobre o mesmo, o modo *expert* é ativado e o botão apresentará o estado desativado. Os demais botões representam, na ordem, as seguintes ações: execução da heurística, execução de um passo da heurística e exibição da rota ótima, caso ela existir. Estas ações serão explicadas detalhadamente nas próximas páginas. A primeira área do objeto apresenta o menu principal do LOBO. Este menu é dividido em quatro sub-menus: *O Problema*, *Algoritmos*, *Dados de teste* e *Sobre*.

O sub-menu *O Problema* apresenta duas opções: história e definição do PCV. A opção *História* apresenta um breve apanhado sobre a história e desenvolvimento do Problema do Caixeiro Viajante. A segunda opção deste sub-menu apresenta a definição do Problema do Caixeiro Viajante.

O sub-menu algoritmos do objeto de aprendizagem apresenta a principal escolha disponível para o aluno no objeto. A opção por um determinado algoritmo heurístico é dada pela seguinte lista: (a)construtivo, aleatório; (b)construtivo, vizinho mais próximo; (c)construtivo, inserção mais distante; (d)melhoramento, 2-opt; (e)melhoramento, 3-opt; (f)metaheurística *simulated annealing*; e (g) metaheurística busca tabu. Ao selecionar um determinado algoritmo, o aluno se torna apto a executá-lo através dos botões de ação.

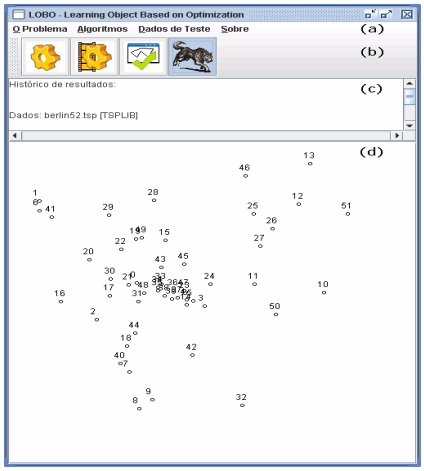

Figura 1. Interface principal do LOBO

O menu dados de teste apresenta sete opções para o usuário escolher. As cinco primeiras opções representam dados colhidos na biblioteca de problemas e algoritmos para o Problema do Caixeiro Viajante conhecida como TSPLib(Reinelt, 1991). A TSPLib apresenta um repertório de dezenas de problemas para as mais diversas variantes do PCV, contendo as instâncias e, quando existirem, os valores ótimos e suas respectivas rotas. Desta forma, esta base se tornou rapidamente uma referência mundial para testes na área da otimização combinatória.

O histórico dos resultados (figura 1, c) é uma região do LOBO onde é apresentado ao usuário um resumo da utilização do mesmo. A cada nova troca dos dados do problema, seja pela simples escolha de um novo conjunto ou pela inserção de dados, ou ainda pela abertura de um arquivo no formato TSPLib, o histórico é atualizado. Mas sua principal contribuição está na manutenção dos resultados provenientes da aplicação dos algoritmos sucessivamente sobre um problema. Desta forma, é possível para os alunos e professores perceberem se existem melhorias e como as diferentes heurísticas podem trazer resultados diferentes através da simples troca na ordem dos algoritmos. Pedagogicamente, o professor pode sugerir seqüências de algoritmos ou ainda pedir que os alunos encontrem a melhor seqüência ou os melhores parâmetros para as heurísticas e metaheurísticas implementadas.

O botão *executar a heurística* (figura 1,b) apresenta o resultado final da aplicação da heurística selecionada no sub-menu *Algoritmos* sobre o problema escolhido através do sub-menu *Dados de teste*. Já o segundo botão, *simulação passo-a-passo*, tem um bjetivo estritamente pedagógico. Para auxiliar o entendimento dos algoritmos implementados, é interessante que o usuário possa observar o comportamento das heurísticas através da visualização de seu funcionamento. Desta forma, gargalos e

decisões equivocadas, ou muito boas, são observadas *in loco*, ao contrário da simples visualização do resultado final, resultado do botão de ação *executar a heurística*. Ao acompanhar a aplicação da heurística escolhida sobre um determinado conjunto de dados, o usuário pode verificar, a qualquer momento, como o algoritmo se comporta passo-a-passo. O botão de simulação passo-a-passo está disponível para as seguintes heurísticas: vizinho mais próximo, inserção mais distante, 2-Opt e 3-Opt.

Já o botão de ação *Exibir a Rota Ótima* tem como única função a visualização da rota de custo ótima, se ela existir. Para os problemas cadastrados no LOBO, as rotas ótimas existem e estão disponíveis. Finalmente, o último botão de ação do LOBO é o que comanda o modo tutoriado e o modo *expert*. Quando este botão está pressionado, o usuário se encontra em modo tutoriado e as telas de apresentação e dicas são apresentadas para o mesmo. Se o botão não estiver pressionado, o modo *expert* é ativado e o objeto se torna uma ferramenta de simulação.

4. A Metodologia na Prática

Durante as seções predecessoras, são estabelecidos alguns conceitos e metodologias que abarcam uma nova filosofia centrada no diálogo entre professores e alunos como peça fundamental para a construção do saber em bases firmes, reconhecendo como importância ímpar a transformação da passividade em proatividade através do desenvolvimento da iniciativa pessoal e o reconhecimento da realidade de cada aluno como um elemento rico e profícuo de idéias, e assumindo como inequívoco o papel do professor como guia deste processo. Desta forma, é necessário, para que o ciclo educacional esteja completo e faça sentido, que além da metodologia escolhida, depois do objeto educacional mediador estar implementado e testado, o desenvolver das atividades docentes deve ser relatado, detalhado e analisado.

Nesta seção serão apresentados algumas aulas e as primeiras conclusões que podem ser obtidas ao aplicar todo o arcabouço mediático e metodológico já explanados, descrevendo a experiência desta articulação na disciplina Inteligência Artificial, pertencente ao currículo pleno do Curso de Ciência da Computação da Universidade Federal de Santa Maria, no primeiro semestre do ano de dois mil e sete. A disciplina tem sessenta horas e foi dividida em trinta encontros de duas horas, na modalidade presencial. Os objetivos definidos para ela são: *Aplicar os conceitos e técnicas de inteligência artificial, dando ênfase ao projeto e à construção de sistemas de resolução de problemas*. As unidades a serem cumpridas são *A Inteligência Artificial, Problemas, Espaços e Busca, Representação do Conhecimento* e *Técnicas Heurísticas*. Para fins de escrita, foram definidos as seguintes legendas: DI (desafio inicial), MSEM (melhor solução educacional no momento) e DA (desafio mais amplo)

Aula A – O Problema do Caixeiro-Viajante

Ponto 1	Problemas de Otimização Combinatória
Tempo	50 minutos
Metodologia	**DI:** o que é um Problema Combinatório? **MSEM:** formulação dos Problemas de Otimização Combinatória e estratégias de resolução.

Observações	O DI é baseado na generalização dos problemas encontrados pelos alunos, discutidos na colaboração. O importante deste ponto é discutir com os alunos as questões relativas ao número de soluções possíveis para um problema, o que se traduz na impossibilidade prática de alcançar a melhor solução possível para uma determinada instância através da enumeração pura e simples de todas as possibilidades. Conceitos formais relativos a matemática combinatória são explorados. Adicionalmente, são explorados conceitos relativos a formalização de algoritmos para a *construção* de soluções para problemas combinatórios.
Ponto 2	O Problema do Caixeiro Viajante
Tempo	30 minutos
Metodologia	**DI:** o que é o Problema do Caixeiro Viajante? **MSEM:** formulação matemática e variantes do PCV. **DA:** definir um algoritmo que *construa* uma *boa* solução para instâncias do PCV.
Observações	O ponto de partida dos alunos para o DI foi a definição do que é um *caixeiro viajante*. Através das suas próprias palavras e da análise realizada no ponto anterior, foi possível construir uma definição *informal* do problema, materializada posteriormente nas fórmulas e restrições do mesmo. A partir da formulação, as variantes do problema (normalmente impostas por restrições adicionais), foram discutidas. Neste ponto, é apresentado o LOBO para os alunos, onde os mesmos têm o primeiro contato com o objeto de aprendizagem. As noções de distâncias euclidianas e da construção de uma rota que unisse todas as cidades, passando somente uma vez em cada ponto e retornando à cidade de origem, foram apresentadas através da interface gráfica do objeto.

Durante a explanação do PCV e de sua formalização, foram observados a reação dos alunos, em forma de perguntas e outras manifestações, sobre como eles compreendiam o problema em relação à IA e a computação em geral. Buscou-se, neste momento, incentivar o desenvolvimento de bons algoritmos para o problema com exemplos reais da aplicação do PCV, demonstrando que um tema tão ligado à pesquisa também possui um viés prático interessante e que pode e deve ser explorado mais adequadamente pela indústria e pela área de gestão administrativa. No caso específico do PCV, o viés prático apresentado foi o relato de casos de utilização de algoritmos heurísticos e metaheurísticas em situações reais.

Analisando a experiência realizada, percebeu-se que alguns alunos buscavam mais informações sobre as aplicações práticas, mas os demais encararam com uma relativa indiferença a escolha do problema em si. Talvez, neste ponto, fosse necessário um trabalho colaborativo ou uma atividade que os levasse a pesquisar, por si só, as possibilidades de aplicação do problema alvo na sociedade produtiva em geral. Ao final desta aula, foi apresentada aos alunos para que realizassem a seguinte atividade de colaboração.

Colaboração 1	É possível definir um algoritmo único que *construa* uma *boa* solução para diversas instâncias do PCV?
Tempo	Até o próximo encontro
Descrição	Considerando a formulação do PCV, desenvolva um algoritmo que gere uma solução de custo razoável para as diversas instâncias apresentadas.
Bibliografia	As cinco instâncias que são utilizadas no LOBO (*berlin52, pr76, eil51, kroA100 e*

	lin105), retiradas da TSPLib.

Aula B – Heurísticas Construtivas: Introdução e Exemplos

Esta aula tinha como objetivo apresentar o que são as heurísticas construtivas, como elas podem ser concebidas, além de formalizar o algoritmo do Vizinho Mais Próximo.

Ponto 1	Heurísticas Construtivas
Tempo	40 minutos
Metodologia	**DI:** quais são as características necessárias para definir um algoritmo construtivo? **MSEM:** definição de ponto de partida, vizinhança, critério de escolha, forma de inserção e critério de parada. **DA:** como é possível formalizar os algoritmos apresentados utilizando-se das definições discutidas?
Observações	Durante este ponto, foi discutida com os alunos a formalização de algoritmos para o Problema do Caixeiro Viajante. Questões relativas à vizinhança também foram abordadas, utilizando-se do LOBO, pois o objeto de aprendizagem permitia visualizar graficamente a definição de vizinhos através da distância euclidiana entre dois pontos.
Ponto 2	A Heurística do Vizinho Mais Próximo
Tempo	30 minutos
Metodologia	**DI:** como pode ser definido o *vizinho mais próximo* em um PCV? **MSEM:** formulação algorítmica da heurística do Vizinho Mais Próximo. **DA:** a heurística do Vizinho Mais Próximo é adequada para todas as instâncias de problemas?
Observações	Através das discussões foi possível definir formalmente o vizinho mais próximo. Em relação ao DI, os alunos utilizaram o LOBO para tentar definir o que seria o *vizinho mais próximo*. Além da noção de distância euclidiana, colocada graficamente pelo objeto de aprendizagem, alguns alunos levantaram questões relativas ao custo de um determinado arco. Neste ponto, questões mais aprofundadas sobre a implementação do próprio objeto tiveram destaque. A apresentação gráfica no LOBO (pontos representando cidades e arcos representando caminho entre as cidades) trouxe algumas dúvidas em relação à matriz de custos. Para alguns alunos, o LOBO distorcia a visão espacial das distâncias, pois o tamanho do arco que une duas cidades quaisquer estava diretamente relacionado ao custo e não a uma distância física. No entanto, como foi argumentado pelo professor e por outros alunos, a utilização de uma matriz de custos permitia a inserção de outras variáveis, além da distância física, para quantificar o custo envolvido em uma viagem. Além disso, a utilização de uma representação onde os pontos permanecessem fixos (como em um mapa) e o custo entre diversas cidades fosse diferenciado, traria elementos a mais na apresentação gráfica que dificultaria a leitura visual do objeto. Por fim, foi ressaltado que o resultado final da aplicação de uma heurística em um PCV é a seqüência de cidades a serem percorridas, bem como a distância total. A visualização gráfica é um acessório pedagógico, mas não é estritamente necessário. Em relação ao DA, o LOBO foi utilizado pelos alunos para executarem diversas instâncias de problemas (já previamente cadastrados no ambiente), como outras instâncias da literatura, provenientes da biblioteca da TSPLib. Alguns alunos testaram a heurística em relação a outros algoritmos já cadastrados no LOBO, como a inserção mais distante, e perceberam que o resultado do vizinho mais próximo era pior. No

entanto, as questões relativas aos caminhos auto-intersectantes não foram levantadas por nenhum dos alunos.

Ao final desta aula, foi apresentada aos alunos a seguinte questão: *O LOBO auxilia no entendimento das heurísticas e metaheurísticas?*

Neste primeiro momento, dezoito dos vinte e um alunos presentes na sala de aula disseram que se tornava mais *fácil* entender as heurísticas apresentadas através das simulações realizadas e três acreditavam que o objeto não representava um diferencial em relação à explicação do professor. Inquiridos mais profundamente sobre o assunto, os alunos argumentaram que a discussão em sala de aula com o professor era muito mais importante do que a utilização do LOBO para o entendimento dos algoritmos. Neste ponto, o contra-argumento utilizado pelo professor foi que a resposta não era condizente com a pergunta, pois não estava sendo avaliado se o professor deveria ou não ministrar uma aula presencial sobre o assunto, mas sim se o LOBO auxiliaria neste processo. Mesmo assim, estes alunos acreditavam que a não existência do objeto não influenciaria na sua compreensão dos algoritmos. É importante salientar que, mesmo que a grande maioria tenha aprovado a utilização do LOBO nas aulas de heurísticas, os alunos ainda estavam tendo os primeiros contatos com o *software* e, desta forma, ainda há um peso relativo ao impacto inicial do sistema que deve ser considerado.

Atividade 1 – Desenvolvimento de uma Heurística Construtiva

Durante as próximas três semanas, através do *framework* do LOBO, desenvolva uma heurística construtiva e realize testes com todas as instâncias disponíveis no objeto.

Esta atividade da disciplina requeria que os alunos, divididos em grupos, implementassem uma heurística construtiva baseada no *framework* do LOBO. As heurísticas foram sorteadas entre os grupos e os alunos tiveram acesso ao código do LOBO, porém sem os métodos das heurísticas já desenvolvidas. Nesta mesma aula, o código-fonte do objeto foi discutido em detalhes para que os alunos pudessem iniciar imediatamente a implementação das heurísticas. O objetivo desta atividade era verificar se os alunos tinham condições de implementar uma heurística construtiva para o PCV a partir das teorias discutidas em sala de aula. A definição prévia dos critérios de comparação entre os algoritmos desenvolvidos trouxe para aulas elementos de pesquisa, onde questões acerca de metodologia científica e realização de testes confiáveis foram levantadas à tona. Em relação aos critérios de avaliação do professor, foi deixado claro que o desempenho dos algoritmos não seria o elemento crucial, pois as heurísticas, por si só, apresentam performance diferentes. Os critérios utilizados foram: cumprimento dos prazos; utilização correta da metodologia de desenvolvimento (orientação à objetos); corretude do método desenvolvido; e análise dos resultados.

Em relação ao primeiro critério, todos os grupos cumpriram fielmente os prazos, entregando os algoritmos no tempo pré-definido. Da mesma forma, todos os grupos construíram seus códigos dentro do *framework* do LOBO utilizando a metodologia de orientação à objetos, o que permitiu importar diretamente o código desenvolvido para o ambiente de teste do professor. Em relação à corretude dos métodos desenvolvidos, alguns grupos apresentaram problemas em relação a implementação, cujos algoritmos não realizavam exatamente o que deveriam fazer, face à formalização definida nas aulas anteriores. Correções foram apontadas para os alunos, que modificaram prontamente

seus algoritmos. Por fim, todos os grupos também apresentaram um relatório com a análise dos resultados.

Estes relatórios foram discutidos em sala de aula, após a entrega dos trabalhos e análise pelo professor. Como era possível imaginar, houve uma discrepância muito grande em relação ao tempo computacional, pois o parque de máquinas utilizado pelos alunos era diferenciado. Tal situação já era esperada pelo professor e serviu para balizar comentários acerca da correta escolha de parâmetros de comparação entre pesquisadores. Questionados pelo professor, o principal ponto que os alunos consideravam positivo na metodologia do desenvolvimento do trabalho foi a disponibilização do *framework*. A possibilidade de utilizar um ambiente gráfico para testar o algoritmo que estavam desenvolvendo, além dos resultados textuais apresentados na *Janela de Resultados*, auxiliou em todo o processo de desenvolvimento da atividade.

Ao retirar os aspectos auxiliares do desenvolvimento de heurísticas (abertura de arquivos, impressão de resultados, visualização da rota) dos alunos, eles podem se concentrar no desenvolvimento da atividade em si, diminuindo a redundância de códigos (vários grupos construindo rotinas semelhantes) e melhorando o esforço coletivo em prol dos algoritmos. Outra questão importante relativa à esta atividade é que ela servia como base para a implementação e o desenvolvimento de testes nas heurísticas de melhoramento e metaheurísticas. Desta forma, os alunos deveriam realizar todas as modificações requeridas pelo professor, quando fosse o caso, e disponibilizar o código para os demais alunos. Este banco de códigos seria utilizado, posteriormente, em outras atividades.

5. Conclusões

O LOBO se mostrou peça fundamental no entendimento do problema que estava sendo trabalhado, tanto no seu modo de ferramenta como na sua concepção de *framework* de desenvolvimento. A possibilidade de desenvolver algoritmos que poderiam ser simulados facilmente se mostrou uma grata surpresa para os alunos. Os alunos utilizaram o objeto durante todo o semestre letivo, tanto em sala de aula como em atividades extra-classe, onde eles deveriam realizar simulações e desenvolver algoritmos baseados no *framework* definido pelo objeto. Quando inquiridos sobre o assunto, os discentes comentaram dois aspectos interessantes do *software*: (a) a possibilidade de implementação e simulação gráfica de heurísticas, eliminando o processo moroso de definição e desenvolvimento de rotinas auxiliares; (b) a possibilidade de *enxergar os algoritmos* (expressão deles) funcionando na prática.

Quando havia a utilização intensiva do LOBO, a dinâmica em sala de aula era melhor. Os alunos perguntavam mais sobre os algoritmos desenvolvidos que, invariavelmente, acabavam entrando, também, nas questões técnicas da implementação dos algoritmos. Desta forma, e considerando também que todos os trabalhos práticos utilizaram o objeto como ponto de partida, é crível concluir que o LOBO teve uma influência efetiva no entendimento das heurísticas e metaheurísticas.

No entanto, a grande pergunta é: será que realmente está se *ensinando melhor* com esta metodologia? Há duas formas de tentar responder isso: a prática das aulas e os pontos de verificação. Neste estudo, não foram utilizados critérios relativos à

comparação de notas entre várias turmas, porque com a diversidade de fatores que influenciam a amostra (alunos diferentes, momentos diferentes, metodologias diferentes) seria muito difícil isolar a influência pura de uma possível melhoria (ou decréscimo) de notas que pudesse ser atribuída a abordagem utilizada.

Durante a prática das aulas, observou-se que os alunos que participavam mais do DI tinham maior facilidade de compreender o MSEM, pelo menos aparentemente. Quando questionados sobre algum aspecto, durante o segundo momento, estes alunos usualmente conseguiram responder de forma mais adequados do que os que participavam de forma menos efetiva durante o DI. Isso se mostrou facilmente verificável desde o início da disciplina, o que levou a uma postura do professor para exigir que os alunos trabalhassem de forma mais profícua no primeiro momento. Outra observação importante estava no desenvolvimento das colaborações. Como era de se esperar, os que discutiam com mais afinco durante a semana, tinham colaborações mais pertinentes na sala de aula.

Em relação aos pontos de verificação, se optou em analisar as questões relativas à completude das tarefas, em detrimento da quantificação média das notas atribuídas. O que se constatou, durante a experimentação no semestre indicado, é que todos os grupos, sem exceção, acabaram por produzir, ao final da disciplina, um sistema completo de pesquisa operacional, composto de uma metaheurística, uma heurística de melhoramento e, possivelmente, várias heurísticas construtivas. Durante disciplinas anteriores, tal fato nunca havia acontecido. Usualmente, as metaheurísticas acabavam sendo implementadas somente em parte e, alguns grupos, conseguiam desenvolvê-las por completo. No entanto, cabe salientar que, além da metodologia, outro fator que pode ter influenciado nesta questão está no próprio LOBO, que também tem como objetivo diminuir o tempo de implementação, apesar do mesmo já ter sido utilizado na penúltima vez em que a disciplina foi ministrada.

6. Referências

Angotti, J. A. P., Delizoicov, D. N. (1990) *Metodologia do Ensino de Ciências*. São Paulo: Cortez.

Carr, W., Kemmis, S. (1986) *Becoming Critical: Education, Knowledge and Action Research*. Brighton, Uk: Falmer Press.

De Bastos, Fábio da Purificação.; Müller, Felipe Martins. (1999) *Criando Desafios em Informática*. In: Atas da IV Escola de Verão sobre Investigação-Ação Educacional. UFSM, Santa Maria, RS.

Diaz, Adenso Fernández, Velarde, José Luiz González, Laguna, Manuel, Moscato, Pablo, Tseng, Fan T., Glover, Fred, Ghaziri, Hassan M. (1996). *Optimización Heurística y Redes Neuronales*. Editorial Paraninfo, Madrid.

Lawler, E.L., Lenstra, J.K., Rinnooy Kan, A.H., Shmoys, D.B. (1985) *The traveling salesman problem.* John Wiley & Sons.

Reinelt, G. (1991) *TSP-LIB – A Traveling Salesman Library.* ORSA Journal of Computing, n. 3, p. 376-384.