

Papel da Inteligência Artificial na formação universitária em computação no Brasil¹

Geber Ramalho

Departamento de Informática, Universidade Federal de Pernambuco

Cx. Postal 7851, 50740-540, Recife-PE, Brasil

glr@di.ufpe.br — www.di.ufpe.br/~glr

1. INTRODUÇÃO

O papel da Inteligência Artificial (IA) na formação de bacharéis e engenheiros em computação parece não ter sido bem compreendido até o momento. Este documento visa aprofundar a discussão sobre este tema, apontando os problemas principais e fazendo sugestões de mudança de currículo e ementa. Primeiramente, são enumeradas algumas incoerências no que diz respeito à representatividade, ao posicionamento cronológico e à ementa das disciplinas de IA nos atuais currículos de graduação em computação brasileiros. Estas reflexões têm por base os currículos de várias universidades brasileiras, assim como o Currículo de Referência da SBC (Bigonha et al. 1996). Algumas razões que poderiam explicar a situação atual são também discutidas. Em seguida, relata-se o papel IA no ensino de graduação em computação nas melhores universidades americanas e inglesas. Na última seção, baseado no que já foi aprofundado anteriormente, são feitas algumas proposições no que diz respeito à ementa, aos métodos pedagógicos, à estruturação dos cursos IA.

Este documento, ainda inacabado, tem a pretensão de servir de ponto de partida para uma discussão mais geral com a comunidade de IA. A primeira discussão aconteceu em agosto deste ano por ocasião do Primeiro Encontro Nacional de Inteligência Artificial (ENIA) em Brasília. Espera-se que ao final deste debate, viabilizado pelas listas *ceia-l* e *ia-l*, um novo documento seja escrito e encaminhado em nome da comunidade à SBC e a outros órgãos interessados.

As informações aqui apresentadas foram obtidas a partir de uma pesquisa minuciosa nas páginas web dos diversos departamentos de informática citados. Infelizmente, muitas destas páginas ainda estão em fase de implantação, e, por conseguinte, não apresentam as informações de maneira completa.

2. Situação atual de IA nos currículos de graduação brasileiros

As três críticas que podem ser formuladas inicialmente ao papel da IA nos currículos atuais são enumeradas nas subseções a seguir.

2.1 Fraca representatividade em relação às outras áreas da computação

2.1.1 Situação atual

IA é uma disciplina tradicional da computação, fundada desde os seus primórdios, e reconhecida internacionalmente como tal pelas diversas instâncias acadêmicas. Além de tradicional, IA continua sendo uma disciplina atual tanto do ponto do impacto social e econômico de suas aplicações, quanto do ponto de vista científico, pelas questões que aborda. A comunidade brasileira de computação está

¹ Disponível em <http://www.di.ufpe.br/~glr/ia-br.doc>

consciente disto. A prova é que IA está entre as linhas de pesquisa dos maiores departamentos de computação brasileiros (PUC-RJ, UFPE, UFMG, UFRGS, UNICAMP, UFPB-CG, COPPE-UFRJ, UnB, UFSC, USP-SC, etc.). IA está igualmente bem representada nos currículos de pós-graduação em computação.

No entanto, como ilustra a tabela 1, a representatividade de IA nos cursos de graduação em computação no Brasil é bastante fraca. A proporção de disciplinas de IA em relação às outras áreas da computação é muito pequena. Os currículos contam com no máximo uma disciplina obrigatória dedicada ao ensino de IA. A presença marginal da IA pode ser igualmente identificada no currículo de referência da SBC (Bigonha et al. 1996). Segundo a SBC, IA curiosamente não está entre as chamadas “matérias importantes”.

| Curso | Disciplinas de IA |
|------------------|--|
| UFRGS | 1 obrigatória + 6 optativas |
| PUC - RJ | 1 dada entre os “tópicos avançados” (*) |
| UFPE | 1 obrigatória + 3 optativas (Redes Neurais, IA simbólica, Proc. de Ling. Nat.) |
| UNICAMP | 1 obrigatória + 1 optativa (tópicos espec. em IA) |
| UFMG | ? |
| UFRJ (COPPE) | 1 obrigatória + 2 optativas (lógica em programação, Tópicos espec. em IA) |
| UnB | 4 optativas (duas em IA mesmo + prolog + lisp) |
| UFPB - C. Grande | 3 optativas (IA simbólica, Redes Neurais, Programação em Lógica) |
| PUC - RS | 0 (nenhuma) |
| USP - São Carlos | 1 obrigatória + 3 optativa (tópicos espec. em IA, Redes Neurais, Lisp) |
| UFSC | 1 obrigatória |
| UFES | ? |
| UFSCar | 1 obrigatória + 1 optativa |
| UFF | ? |

Tabela 1 - Número de disciplinas de IA no currículo de graduação em computação de algumas universidades brasileiras (as que têm mestrado na área). Símbolos: () = a verificar; ? = informação não disponível.*

Na tabela 1 foi incluída as disciplinas de programação em lógica e programação funcional pois, dependendo de como estão estruturadas, pode existir uma grande interseção entre suas ementas e a de IA.

2.1.2 Possíveis justificativas

Porque existe no Brasil uma tal disparidade entre a importância da IA entre a graduação e a pós, assim como as linhas de pesquisa dos departamentos? O que tem de especial a realidade brasileira para que, contrariamente ao que acontece no exterior (ver seção 3), se considere IA pouco relevante na formação de bacharéis (e engenheiros) em computação?

Uma das respostas para estas questões é certamente histórica. Até o começo da década de 90 o número de doutores brasileiros *com formação em IA* era ínfimo. Não existia portanto como criar muitos cursos em IA sem um número suficiente de pessoas qualificadas para tal. Atualmente o quadro está sensivelmente mudado mas leva tempo para que os currículos sejam ajustados. As reformas curriculares que serão feitas dentro em pouco (como a da UFPB-CG), pretendem tornar obrigatória pelo menos uma disciplina de IA. Muitos dos currículos mudados recentemente (como o da UFPE) já introduziram um pouco mais de IA.

Uma segunda possível explicação seria de que IA é comercialmente irrelevante no Brasil. Assim, apesar de ser importante para a pesquisa, IA seria supérflua na formação dos profissionais de informática daqui. Dois aspectos desta afirmação devem ser analisados.

O primeiro diz respeito aos programas de IA propriamente ditos (sistemas especialistas, sistemas de ajuda à decisão, sistemas de classificação automática, robôs, sistemas de tradução automática, etc.). No resto do mundo, estes sistemas continuam inegavelmente encontrando excelente receptividade no mercado (Durkja 1996). Tome-se por exemplo a o domínio da “propagação de restrições aplicadas ao ordenamento” (Constraint-Direct Scheduling). A empresa americana I2 (www.i2.com) que trabalha no ramo, foi recentemente avaliada pela bolsa em US\$ 1,2 bilhões de dólares. Red Pepper (www.pepper.com), uma outra empresa do ramo de otimização, foi comprada a pouco tempo por US\$ 225 milhões. As estimativas não oficiais dizem que existe cerca de US\$ 300 milhões envolvendo venda de software e serviços por ano neste que é apenas um sub-domínio bem restrito de IA. Outro sub-domínio de grande sucesso comercial são os Sistemas Especialistas Nebulosos (baseados na lógica nebulosa). Hoje em dia, as máquinas fotográficas japonesas embutem Sistemas Nebulosos para resolver automaticamente o problema do ajuste da luminosidade e do foco. Os carros, japoneses ou não, também têm cada vez mais IA: o mais moderno e eficiente sistema de freio, o ABS, é uma implementação de sistema nebuloso. Isto sem falar nas inúmeras aplicações de Redes Neurais, Robótica, Algoritmos Genéticos, Aprendizagem Simbólica. Um recente artigo da *The Economist* (TheEco 1995) estima que negócios no mundo envolvendo de alguma maneira o emprego de Redes Neuraos chegara a cifra de 1 bilhao de dolares. E sem falar também nos vários domínios de aplicação: só na área financeira existe dois jornais relatando implementações de sistemas inteligentes (*International Journal of Intelligent Systems in Account, Finance and Management*, e *The Magazine of Artificial Intelligence in Finance Magazine*).

O sucesso comercial de IA é, no entanto, muitas vezes obscurecido por uma compreensão equivocada do que são os objetivos de IA. Não é papel dos profissionais de IA produzir nenhum cérebro eletrônico, desvendar nenhum mistério da mente humana, fundar nenhuma corrente filosófica, etc. O objetivo de IA é entender como construir programas que exibam um comportamento satisfatório (inteligente) para certas classes de tarefas, que normalmente estão fora do alcance das técnicas computacionais tradicionais. É esta visão equivocada que não permite que se perceba aplicações da tecnologia de IA em máquinas fotográficas, sistemas de freios, elevadores, controladores de semáforos, sistemas de descoberta em bases de dados (*data mining*), etc. (Hayes 1995)

Voltando à questão do mercado Brasileiro, ao que parece, não existe ainda um grande volume de programas e de empresas de IA no mercado. Mas, será que isto se deve à falta de demanda, ou à falta de profissionais qualificados? Embora nenhum estudo oficial de mercado tenha sido feito até agora, não há razões para crer que a demanda no Brasil por programas de IA seja desprezível.

O segundo aspecto do problema da “não relevância comercial” tem a ver com as aplicações que não são “tipicamente de IA” mas que incorporam alguma técnica de IA. As publicações dos últimos quinze anos mostram como a aplicação de técnicas de IA podem ser úteis na resolução problemas encontrados em engenharia de software, banco de dados, sistemas distribuídos, etc. Nestes casos, fica difícil avaliar com precisão o impacto econômico direto das tecnologias de IA. Como será discutido com mais profundidade na próxima seção, IA é uma disciplina básica da computação com vasta abrangência e estreitas conexões com as outras diversas áreas.

2.2 Mal posicionamento cronológico dentro do currículo

Apesar de não terem um grande número de pré-requisitos (basicamente programação e, as vezes, lógica), as disciplinas de IA são em geral posicionadas no final do currículo. Mesmo quando se trata da disciplina obrigatória de IA, ela só é cursada a partir do sexto período, entre os currículos brasileiros

analisados (os da Tabela 1). Esta situação é muito ruim na medida em que considera IA como uma disciplina “desconectada” das outras de computação.

A história tem entretanto mostrado que IA encerra um conjunto de técnicas, metodologias e paradigmas *básicos* com implicações diretas nas diversas áreas da computação (ver seção 3.2). Alguns dos muitos exemplos de contribuições de IA à área de computação são: a programação orientada a objetos, os bancos de dados dedutivos, as interfaces adaptativas, os agentes autônomos (que prometem uma pequena revolução na engenharia de software pelo menos no que concerne a web), etc. Além disto, a aplicação de conhecimentos de IA em inúmeros projetos industriais envolvendo diversas áreas da computação é um fato. Vários sub-problemas encontrados na construção de um programa, seja lá em que área da computação ele se enquadre, podem num certo momento ou em certas condições precisar da tecnologia desenvolvida em IA ao longo destes últimos quarenta anos. Cada vez que não existe um modelo do problema, porém dispõem-se de exemplos de soluções que se que, as técnicas de aprendizagem de IA podem ser aplicadas. Cada vez que soluções matemáticas ótimas não existem, mas que é possível identificar conhecimentos heurísticos que um ser humano utiliza para resolver o problema, pode-se aplicar alguma técnica de resolução de problema de IA. Cada vez que é preciso dar autonomia, capacidade de adaptação e de aprendizagem ao programa, é na IA que se vai buscar soluções técnicas. A existência de vários jornais “multidisciplinares” testemunham a forte conexão entre IA e outras áreas da computação, como: *The Journal of Automated Software Engineering*, *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, *Journal of Intelligent Information Systems*, *Data and Knowledge Engineering*, *International Journal of Intelligent Control and Systems*, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, etc.

Haja visto sua abrangência, IA deveria portanto fazer parte das disciplinas básicas em computação, como aliás é o caso nas grandes universidades americanas. Ao se colocar as disciplinas de IA no final, priva-se os alunos de uma série de conhecimentos que lhes seriam úteis não só no futuro mas durante o próprio desenrolar do curso de graduação, nos projetos das outras disciplinas. Além disto, seria oportuno familiarizados alunos desde cedo com as contribuições que a IA pode dar para enfrentar os grandes desafios colocados para os profissionais de computação atualmente (como, por exemplo, a gerência e busca de informação na web). Caso contrário, o que se ensinará de IA terá realmente pouca conexão com o que os alunos fizeram durante o curso e farão depois dele. E IA será certamente supérflua. Na verdade, nesta época de grandes desafios e de rápidas mudanças, é preciso pensar em formar profissionais com uma visão bastante ampla do espectro de fundamentos, técnicas e metodologias da computação. Só a integração de diferentes áreas poderá fazer face à grande complexidade dos problemas que serão abordados no próximo milênio.

2.3 Ementa restrita e desatualizada

A ementa atual de IA é muito restrita em relação aos diferentes temas de pesquisa e de aplicação. Salvo exceções, a matéria de IA coberta na graduação brasileira resume-se basicamente a três ou, as vezes, quatro tópicos, a saber: Linguagens de Programação de IA (prolog ou lisp), Busca, Representação de Conhecimento e, as vezes, Sistemas Especialistas.

Este padrão segue mais ou menos a ementa do curso de IA proposta no Currículo de Referência da SBC (ver tabela 2), que reagrupa os tópicos de estudo de IA em duas disciplinas: IA simbólica (também chamada simplesmente de IA) e Redes Neurais (IA conexionista). A inclusão de Redes

²É útil mencionar que Redes Neurais (RN) é *erroneamente* classificada como área de “Aplicações Multidisciplinares”. RN é uma área de pesquisa com resultados teóricos, formais e tudo mais que a possa definir como “Tecnologia da Computação”. A confusão deve ter vindo do fato de que RN tem numerosas aplicações.

Neurais nesta ementa já é um avanço em relação ao que em geral consta nas maioria das que são adotadas no país hoje. No entanto, a ementa da SBC sofre dos mesmos dois defeitos básicos das outras: ela é restrita e desatualizada. Os tópicos da parte simbólica resumem-se literalmente aos mesmos que se estudava há dez anos atrás. Não é que eles perderam seu interesse, pois são básicos, porém não refletem mais o que tem de significativo, central, e atual, tanto do ponto de vista da pesquisa e quanto das aplicações industriais de IA. Não se pode construir nenhum programa sério, isto é, que ataque problemas relevantes ou de razoável complexidade, com este tipo de ferramenta.

| |
|---|
| <p><i>Inteligência Artificial (simbólica)</i> <i>Linguagens Simbólicas.</i> <i>Programação em Lógica.</i> <i>Cláusulas de Horn.</i> <i>Unificação</i> <i>Resolução</i> <i>Meta Predicados</i> <i>Prolog</i> <i>Métodos de Resolução de Problemas.</i> <i>Busca em Espaço de Estados.</i> <i>Redução de Problemas.</i> <i>Busca em Profundidade.</i> <i>Busca em Largura.</i> <i>Uso de Heurísticas.</i> <i>Representação do Conhecimento.</i> <i>Regras de Produção.</i> <i>Redes Semânticas.</i> <i>Frames.</i></p> <p><i>Redes Neurais</i> <i>Noções do Sistema Nervoso.</i> <i>Aprendizado.</i> <i>Perceptron e Adaline.</i> <i>Redes de várias Camadas. Redes Self-Organizing. Redes Associativas.</i> <i>Integração entre Redes Neurais e Inteligência Artificial.</i> <i>Aplicações.</i> <i>Implementação e Simulação de Redes Neurais.</i></p> |
|---|

Tabela 2 - Ementa do curso de IA do Currículo de Referência da SBC

Tomemos alguns exemplos, para ilustrar a falta de cobertura e atualidade da ementa adotada normalmente³ e sugerida pelo SBC. É importante falar de busca, porém não se pode deixar de mencionar por exemplo os métodos de otimização (como o *Simulated Annealing*) e a propagação de restrições que têm grande impacto econômico. É fundamental introduzir os mecanismos de inferência em lógica de primeira ordem, falar um pouco de programação em lógica, e incluir noções sobre sistemas especialistas (SE). Porém, tudo isto não serve para grande coisa, nem em pesquisa nem em aplicação, se não se toca nos problemas fundamentais da construção dos SE, que são a aquisição de conhecimento e o tratamento de incerteza, e se não se mostra realmente como tudo se integra e quais são as abordagens alternativas conforme o tipo de problema (por exemplo, o raciocínio baseado em casos). Vale salientar, com as raras inclusões de aprendizagem em Redes Neurais, não se trata de aprendizagem seja ela simbólica, evolutiva, ou probabilista. Nos últimos 3 anos, quase 50% dos artigos publicados em revistas e conferências de IA tratam de aprendizagem (Alander, 1997). As áreas de robótica, visão computacional e agentes autônomos são outras negligenciadas, apesar crescente importância que têm atualmente. Isto sem falar em processamento de linguagem natural, também esquecida, mas que é um tópico crítico na problemática central da interface homem-máquina. Em suma, com a ementa atual, é realmente difícil ver qual interesse poderia ter IA no currículo de graduação brasileiro.

³ pelo menos no que consta nas páginas visitadas, pois algumas vezes há uma muita flexibilidade do que é dado em relação ao que está escrito na ementa.

O âmbito restrito da ementa atual de IA pode ser explicado evidentemente pelo número insuficiente de cursos de IA nos currículos, como já foi discutido na seção anterior. Entretanto, é possível, mesmo com um único curso obrigatório fazer muito melhor (ver por exemplo a ementa do curso da UNICAMP). Outra saída explorada é acrescentar cursos de tópicos especiais, como é feito pela UFPE, UNICAMP, UFPB-CG e UnB.

3. SITUAÇÃO ATUAL DA IA NAS MELHORES UNIVERSIDADES EM COMPUTAÇÃO DO MUNDO

Nesta seção é visto rapidamente o papel da IA nos currículos das quatro melhores departamentos de computação das universidades americanas e inglesas (N&WR 1996; UKGuide 1996). A Tabela 3 ilustra um pouco o espaço dedicado a IA em termos de disciplinas que constam no currículo de graduação. Como será exposto, constata-se claramente que é dada uma importância bem maior ao papel de IA nos cursos de graduação estrangeiros do que no Brasil.

| Curso | Disciplinas de IA |
|------------------|-----------------------------------|
| MIT | 3 obrigatórias + 4 optativas |
| Stanford | 10 entre obrigatórias e optativas |
| Carnegie Mellon | 4 optativas |
| Berkeley | 4 entre obrigatórias e optativas |
| Cambridge | 3 entre obrigatórias e optativas |
| Imperial College | 7 entre obrigatórias e optativas |
| Oxford | 1 obrigatória |

Tabela 3 - Número de disciplinas de IA no currículo de graduação em computação de algumas universidades estrangeiras

3.1 Massachusetts Institute of Technology (<http://www-eecs.mit.edu>)

Na Escola de Engenharia do MIT, tradicionalmente envolvida com IA, o curso de graduação abarca conjuntamente computação e engenharia elétrica. Quanto aos cursos, (<http://www-eecs.mit.edu/class-materials.html> e <http://registrar.mit.edu/catalog/m6a.html>), dos 36 básicos e obrigatórios da graduação, que inclui por exemplo *Electromagnetic Fields and energy e Introduction to Electric Power Systems*, existem 3 de IA: Artificial Intelligence, Problem-Solving Paradigms e Artificial Intelligence in Practice. Na fase “advanced undergraduate”, existem mais 4 outros cursos de IA: *Embodied Intelligence, Machine Vision, The Society of Mind e Knowledge-Based Applications*. Existe uma preocupação dupla dar as bases teóricas, mas também de insistir sobre o lado aplicado de IA. A ementa coberta por estes cursos é bastante completa.

3.2 Stanford (<http://www-cs.stanford.edu/>)

No departamento de computação de Stanford existe uma presença muito marcante de IA. Aproximadamente um terço do corpo de pesquisadores está envolvido com IA, e dos dois laboratórios que o departamento tem um é o “AI Lab.”(o outro é o “CS Lab.”, para o restante da computação). Quanto às disciplinas (<http://www-soe.stanford.edu/compsci/courses.html>), existe uma relacionada com IA logo no começo do currículo (*Logic and automated reasoning*), além do seu respectivo laboratório de aula prática. Na fase “advanced undergraduate”, existem 9 disciplinas, sem contar com os associados laboratórios de aula prática, indo desde introdução a IA até robótica, passando por :sistemas especialistas, aprendizagem de máquina, visão computacional sistemas autônomos, sistemas a base de conhecimento, etc.

3.3 Carnegie Mellon (<http://www.cs.cmu.edu/scs/scs.html>)

A famosa escola de computação de Carnegie Mellon é composta por 7 departamentos, dos quais 3 são ligados à IA (The Robotics Institute, Center for Automated Learning e Center for Machine Translation). Esta presença de IA se reflete igualmente no currículo da graduação em computação (www.cs.cmu.edu/afs/cs/misc/mosaic/common/omega/Web/csd/undergrad/index.html). Das 23 disciplinas específicas de computação, 4 são ligadas à IA: Artificial Intelligence: Representation and Problem Solving, Robotic Manipulation, Computer Vision, Machine Learning. Existem na verdade só 5 disciplinas específicas de computação que são obrigatórias (introdução à programação, estrutura de dados I e II, algoritmos, e arquitetura de computadores). As outras são agrupadas em blocos de onde pelo menos uma deve ser escolhida. Vale ainda dizer que, a partir do segundo ano o aluno já pode começar a cursar as disciplinas de IA.

3.4 Berkeley (<http://http.cs.berkeley.edu/>)

O tradicional curso de graduação em computação de Berkeley (<http://www.cs.berkeley.edu/~hilfinger/undergrad-notes/undergrad-notes.html>) conta com 3 disciplinas de IA (*Introduction to Artificial Intelligence*, *Introduction to Robotics*, *Introduction to Knowledge-Based Systems*) mais uma disciplina chamada de *Lisp and Functional Programming*, que a base de programação para os cursos de IA. Lendo a informação disponível na web, estas disciplinas parecem ser obrigatórias mas não dá para afirmar com certeza. Também não existe uma indicação clara sobre em que período estas disciplinas são cursadas.

3.5 Cambridge (<http://www.cl.cam.ac.uk/>)

IA faz também parte das linhas de pesquisa das universidades britânicas, a começar por Cambridge, onde existe trabalhos desde raciocínio automático à visão computacional, passando por processamento de linguagem natural, redes neurais, etc. Quanto às disciplinas do curso de graduação em computação (<http://www.cl.cam.ac.uk/DeptInfo/Diploma/DIPLOMA.html>), 3, de um total de 36, estão dedicadas a IA: *Prolog for Artificial Intelligence*, *Natural Language Processing*, e *Computer Vision*. Pelas informações disponíveis, estas 3 disciplinas parecem ser obrigatórias, mas existe ambigüidade.

3.6 Imperial College (<http://www.doc.ic.ac.uk/>)

A área de IA está também como linha de pesquisa no Imperial College sob o nome de “*Logic and Automated Reasoning*”. Existem 7 disciplinas ligadas mais indiretamente (*Logic Programming - Applications*, e *Logic Programming - Applications*), ou diretamente (*Artificial intelligence I*, *Automated Theorem Proving*, *Computer Vision*, *Distributed Artificial Intelligence*, *Natural Language Processing*) com IA no currículo da graduação. Não dá para identificar quais dentre elas são obrigatórias ou optativas (<http://www.doc.ic.ac.uk/teaching/under/comput.html>). De qualquer modo, o espectro dos tópicos de estudo de IA é coberto de maneira satisfatória.

3.7 Oxford (<http://www.comlab.ox.ac.uk/>)

A pesquisa em IA na Universidade de Oxford se limita basicamente à área de aprendizagem de máquina com os trabalhos de Muggleton sobre *Inductive Logic Programming*. lógica No currículo básico da graduação, composto por 23 disciplinas, existe apenas onde IA é ensinada.

4. NOVA EMENTA: SUGESTÕES E QUESTÕES

Com base nas constatações das seções anteriores sobre a incompleta e desatualizada representatividade da IA nos currículos de graduação no Brasil, propõem-se nesta seção uma nova ementa e estruturação dos cursos de IA.

4.1 Objetivo

O que um aluno de graduação deveria saber ao final dos cursos de IA? O aluno de graduação deveria, antes de mais nada, adquirir uma visão global da área de IA. Isto deve-se à importância da IA dentro das outras disciplinas de computação, bem como ao seu caráter básico. Assim sendo, o aluno deveria ser capaz de identificar as classes de problemas para as quais técnicas de IA podem ser aplicadas, e conhecer os pontos fortes e fracos de cada classe de técnicas. Em outras palavras, uma vez confrontado com um problema ou sub-problema concreto qualquer, o aluno deverá saber ele é tipicamente de IA e qual técnica poderia ser em princípio usada para resolvê-lo. Além disso, é importante que o aluno tenha igualmente uma visão dos problemas centrais da área e das atuais linhas de pesquisa, para que ele possa se orientar caso deseje seguir uma carreira de pesquisa em IA.

4.2 Metodologias pedagógicas

Aí seguem algumas questões que devem ser previamente discutidas com a comunidade de IA.

◇ *Ainda se justifica o ensino de linguagens de programação de IA como LISP e Prolog?*

Para Redes neurais, visão computacional, e uma outra série de outros campos, como o de propagação de restrições e otimização, Lisp e Prolog não se justificam. Para IA simbólica convencional pode ser que sim. Os cursos introdutórios de IA no exterior ainda ensinam Lisp ou Prolog (Ingargiola & Wilson, 1995). Há argumentos em favor do ensino de programação. Saber Lisp pode ser interessante para entender artigos e programas antigos ou para conhecer um pouco da história e cultura (ou fazer arqueologia?) da IA. Saber Prolog pode ser útil para implementar alguns exemplos, pois o motor de inferência está embutido. Por outro lado, cada vez se usa menos estas linguagens no mundo por razões que se sabe bem em engenharia de software: eficiência, portabilidade, modularidade, etc. Acho pessoalmente que insistir em Lisp e Prolog é ir na contramão do que se passa em computação hoje, sobretudo se se pensa em aplicações na web. Além do mais, estas linguagens não são mais tão necessárias assim: existem outros motores de inferências que podem ser acoplados facilmente (e de graça) a um programa escrito em C++ ou Smalltalk, por exemplo.

◇ *Qual o papel da programação e das aplicações?*

Dada a natureza essencialmente empírica da pesquisa em IA, é fundamental que os alunos programem. Certos problemas só podem ser realmente entendidos depois que se programa. Além disso, pelo que foi dito anteriormente sobre uma visão deturpada do que é IA, é educativo reforçar o trabalho de programação cobrindo um leque variado de aplicações, se possível com razoável nível de complexidade. É neste sentido que seria oportuno ter-se, os laboratórios de aulas práticas naquelas universidades que adotam tal modelo de aula.

◇ *Adotar modelo unificador do tipo agentes inteligentes (Russel & Norvig, 1995) ou ensinar o convencional “tópico por tópico” (como Elaine Rich)?*

A tendência hoje é que IA se dedique mais seriamente aos problemas do mundo real que são de grande complexidade. A época de testar teorias em problemas de brinquedo (*toy problems*) parece estar chegando ao seu final (Schank, 1991; Partridge & Wilks, 1990). Neste sentido, é mais interessante dar

um visão global das técnicas em vez de ensina-las uma a uma e depois deixar o aluno se virar para ver como tudo se encaixa (Hayes-Roth, 1995).

4.3 Conteúdo (a terminar)

Segue abaixo o que seriam os assuntos importantes a serem vistos independentemente do número ou estruturação das disciplinas.

◇ *Dar uma olhada na ontologia do SIGART e na Lista de cursos introdutórios de IA disponíveis na web (<http://www.cis.temple.edu/ugai/courses.htm>)*

- Introdução: história, definições, metodologia, e paradigmas
- Resolução de Problemas
 - Métodos de busca. Gerais
 - Métodos de busca heurística
 - Jogos
- Conhecimento e raciocínio
 - Linguagens de representação
 - Mecanismos de inferência
 - Construção de uma base de conhecimento
 - Sistemas baseados em conhecimento
- Planejamento
 - Fundamentos e métodos
 - Planejamento na prática: ambientes dinâmicos, em tempo real, ...
- Aprendizagem simbólica
 - Supervisionada
 - Não supervisionada
 - Por reforço
 - Computação evolutiva
- Redes Neurais
 - Modelos de neurônio
 - Arquitetura e topologia de redes
 - Paradigmas de aprendizagem
 - Modelos e implementações
- Tratamento de incerteza.
 - Métodos de representação e mecanismos de inferência
 - Sistemas e aplicações
 - Aprendizagem
- IA Distribuída
 - ???
- Robótica e agentes autônomos
 - Percepção
 - Ação
 - Processamento de linguagem natural
 - Interpretação
 - geração
- Conclusão.
 - Presente e Futuro
 - IA e computação

4.4 Estruturação

A maneira com que o conteúdo acima enumerado pode ser distribuído em cursos fica evidentemente a critério de cada instituição de ensino. Entretanto, pode ser interessante ter dois cursos obrigatórios. No primeiro, de caráter introdutório, seriam estudados os conceitos e técnicas fundamentais, e seria dada uma visão global das diversas áreas de IA, dos tópicos avançados e das aplicações reais. Pelo que consta nas ementas disponíveis na web, isto tem sido na UNICAMP e na UFPE. No segundo curso, poderiam ser aprofundados tópicos avançados (como aprendizagem, processamento linguagem natural, visão) e/ou abordagens alternativas (como redes neurais, sistemas

nebulosos, algoritmos genéticos), conforme o interesse e a disponibilidade dos professores. Além destas duas disciplinas, que deveriam ser obrigatórias, outras disciplinas optativas poderiam eventualmente ser oferecidas segundo as linhas de pesquisa e projetos do departamento, como é, por exemplo, feito na UFPE.

Conforme a situação de cada instituição, seria recomendável que os princípios básicos de Prolog e/ou Lisp fossem estudados anteriormente no contexto de programação em lógica e programação funcional, já que estes são tópicos das disciplinas de linguagens de programação.

4.5 Pré-requisitos

Baseado no que se vê tanto no exterior como no Brasil e no que acabou-se de discutir, os pré-requisitos para um curso de IA deveriam ser no mínimo as disciplinas de iniciação à programação, estrutura de dados e lógica. Seria, entretanto, oportuno que o aluno já tivesse também conhecimentos mais avançados em programação, incluindo programação orientada a objetos e programação em lógica (Prolog) ou programação funcional (Lisp).

4.6 Livros texto

Recentemente foi feita uma pesquisa muito interessante sobre os cursos de introdução a IA disponíveis na WEB (Ingargiola & Wilson 1995). Constatou-se que até o ano de 1995, o livro texto mais adotado nas universidades americanas é o de Rich e Knight. Ele, tem tradução em português, apesar dela ser criticável. O livro de Winston, também traduzido para o português, era adotado até 1995 em apenas uma universidade, aquela em que o próprio Winston ensina. O Livro de Russel e Norvig tem feito atualmente um grande sucesso, por apresentar uma visão unificada da IA que é ao mesmo tempo elegante, atual e simples de entender. É muito provavelmente o melhor livro de introdução a IA escrito até hoje. Outros livros mais modernos são o de Dean et al., e o de Luger. e Stubblefiled. Além destes, em cada assunto existe livros mais específicos e completos (na FAQ de IA pode-se encontrar a enumeração dos livros por assunto - www.cs.cmu.edu/Groups/AI/html/faqs/ai/ai_general/top.html).

Cabe uma menção especial ao livro de Bittencourt, escrito originalmente em português para a escola de computação de 1996. Ele cobre de maneira aprofundada e clara os tópicos introdutórios, a saber, busca, representação de conhecimento e sistemas especialistas. Os tópicos mais avançados são brevemente discutidos na parte final do livro. Este é o livro brasileiro mais completo sobre IA.

Enfim, existe um site reunindo uma lista razoavelmente grande de cursos introdutórios de IA disponíveis na web (<http://www.cis.temple.edu/ugai/courses.htm>). Este material pode ser de grande valia na preparação dos cursos.

Bittencourt, G. (1996). *Inteligência Artificial: ferramentas e teorias*. Escola de Computação '96, Instituto de Informática, Unicamp

Russel, S., & Norvig, P. (1995). *Artificial Intelligence: a Modern Approach*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, Inc.

Dean., T., Allen, J. and Aloimonos, Y. (1995). *Artificial Intelligence, Theory and Practice*. Menlo Park: The Benjamin/Cummings Pub. Co.

Luger, G. & Stubblefiled, W. (1993). *Artificial Intelligence: structures and Strategies for Complex Problem Solving*. 2nd Edition. Menlo Park: The Benjamin/Cummings Pub. Co.

Rich, E., & Knight, K. (1983). *Artificial Intelligence*. (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.

Winston, P. (1992). *Artificial Intelligence*. (3rd ed.). London: Addison-Wesley.

Partridge, D. & Wilks, Y. (Eds.), *The Foundations of Artificial Intelligence: a sourcebook*. Cambridge: Cambridge University Press.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alander, J. (1997). An Indexed Bibliography of Genetic Algorithms and Artificial Intelligence. Technical Report No. 94-1-AI, University of Vaasa, Finland.

Bigonha, R. et al. (1996). Currículo de Referência da SBC para Cursos de Graduação em Computação. (<http://www.dcc.ufmg.br/cr/>)

Durkia, J. (1996). Expert Systems: a View of the Field. in *IEEE Expert*, april, pp. 56-63

Hayes, P. (1995) The Turing Test Considered Harmful. In Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'95), Montreal, pp. 972-7.

Hayes-Roth, B. (1995) Agents on Stage: Advancing the State of the Art of AI. In Proceedings of the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'95), Montreal, pp. 967-71

Ingargiola, G. & Wilson, J. (1995). The Introductory Undergraduate AI Course as Observed on WWW. *SIGART (ACM Interest Group on AI) Bulletin*, Vol. 6. No. 3. pp. 2-6.

N&WR (1996). Ranking of the Top U.S. CS Departments. *U.S. News & World Report Survey of the Best Graduate Schools*, March. (http://www.cs.columbia.edu/home/phd_prog/rankings.html)

Partridge D. & Wilks, Y. (1990), *The Foundations of Artificial Intelligence: a sourcebook* (pp. 112-8). Cambridge: Cambridge University Press.

Shank, R. (1991). Where's the AI? *AI Magazine*, winter. pp. 38-49

TheEco (1995), *The Economist*, 15 de abril de 1995, pp. 75-77

1997. UKGuide (1996) The Times Good University Guide 1995-1996: Top UK Universities by Discipline. Schlumberger Limited. (<http://www.slb.com/recr/uk/times2.html>)

Wu, X. Developing an AI Curriculum for Computer Science Majors. *AXIS: The UCISA Journal of Academic Computing and Information Systems*, 1994, 3. pp. 18-23.