



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE ENGENHARIA ELÉTRICA E COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA E DE COMPUTAÇÃO

**ADAPTABILIDADE TEMÁTICA
EM SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES HÍBRIDOS**

Pedro Sérgio Gomes Quinderé

Orientador: Prof. Weber Martins, PhD

Co-orientador: Prof. Lauro E. G. Nalini, Dr.

Goiânia
2008

PEDRO SÉRGIO GOMES QUINDERÉ

**ADAPTABILIDADE TEMÁTICA
EM SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES HÍBRIDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de **Pós-Graduação Stricto Sensu** em Engenharia Elétrica e de Computação da Universidade Federal de Goiás, como requisito parcial para a obtenção do título de **Mestre em Engenharia Elétrica e de Computação**.

Área de Concentração: Engenharia da Computação

Linha de Pesquisa: Sistemas Inteligentes

Orientador: Prof. Weber Martins, PhD

Co-orientador: Prof. Lauro Eugênio Guimarães Nalini, Dr.

Goiânia
2008



Universidade Federal de Goiás
Escola de Engenharia Elétrica e de Computação
Coordenação do Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Elétrica e de Computação - CPPEEC



FOLHA DE APROVAÇÃO

“ADAPTABILIDADE TEMÁTICA EM SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES HÍBRIDOS”

PEDRO SÉRGIO GOMES QUINDERÉ

Dissertação defendida e aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. Weber Martins, Orientador – UFG

Prof. Dr. Lauro Eugênio Guimarães Nalini, Co-orientador – UCG

Prof. Dr. José Elmo de Menezes – UCG

Prof. Dr. Nilson Cardoso Amaral– UCG

Prof. Dr. Rodrigo Pinto Lemos – UFG

Goiânia, 23 de fevereiro de 2008

Para meus pais e minha irmã,

pelo amor, confiança e paciente dedicação.

E, para minha amada Andréia, pelo amor que reconstruiu minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu refúgio e fortaleza nos momentos mais difíceis.

Ao meu orientador, professor Weber Martins, pela confiança em mim depositada e por ter acreditado que poderíamos desenvolver um trabalho consistente e inovador.

Ao meu co-orientador, professor Lauro Nalini, por ter mostrado que havia muitas maneiras de iluminar o túnel quando a saída parecia inatingível.

Ao Professor Nilson Cardoso Amaral, por acreditado no meu potencial e ter, gentilmente, recomendado minha inclusão no Programa de Mestrado.

Ao Professor Olavo Galvão - grande amigo dos tempos da Universidade Federal do Pará - que muito me ajudou com seus conselhos e conversas amigáveis, traçadas nos corredores do Laboratório de Psicologia Experimental, e que gentilmente recomendou minha inclusão no Programa de Mestrado.

Ao Professor José Elmo de Menezes, que me mostrou como utilizar a Matemática para conversar a linguagem dos cientistas.

Ao Professor Rodrigo Pinto Lemos, um excelente profissional e grande amigo para todas as horas.

Ao professor Leonardo Guedes, pelos valorosos conselhos dados na hora certa.

Aos meus parentes e amigos que me suportaram com sua bagagem emocional e conhecimentos, fazendo-me encontrar soluções para os problemas quando as coisas estavam mais difíceis.

Aos amigos Dulce e João, da Secretaria do Programa de Mestrado, pela compreensão e carinho dispensados no atendimento aos alunos.

SUMÁRIO

<u>LISTA DE FIGURAS</u>	<u>10</u>
<u>LISTA DE TABELAS</u>	<u>11</u>
<u>LISTA DE QUADROS</u>	<u>12</u>
<u>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS</u>	<u>13</u>
<u>RESUMO</u>	<u>14</u>
<u>ABSTRACT</u>	<u>15</u>
<u>CAPÍTULO I: INTRODUÇÃO</u>	<u>16</u>
1.1 TEMA	17
1.2 OBJETIVOS	18
1.3 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO	19
1.4 PROBLEMA E HIPÓTESES	21
1.5 DESENVOLVIMENTO	23
1.6 PRINCIPAIS RESULTADOS	24
1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	25
1.8 CONCLUSÃO	26
<u>PARTE I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</u>	<u>27</u>

CAPÍTULO 2: FUNDAMENTOS DO PROCESSO ENSINO-APRENDIZAGEM

2.1	INTRODUÇÃO	28
2.2	EDUCAÇÃO COMO CIÊNCIA	30
2.3	ENSINO PERSONALIZADO	32
2.4	INSTRUÇÃO PROGRAMADA	34
2.4.1	PROGRAMAÇÃO LINEAR	36
2.4.2	PROGRAMAÇÃO RAMIFICADA	38
2.5	ENSINO A DISTÂNCIA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	41
2.6	CONTEÚDO E MODELAGEM COMPORTAMENTAL	44
2.6.1	COMPORTAMENTO OPERANTE	46
2.6.2	QUADROS EFETIVOS	48
2.6.3	TAREFA DOS PROGRAMADORES DE CONTEÚDO	51
2.6.4	SUGESTÕES FORMAIS E TEMÁTICAS	52
2.6.5	ESTIMULAÇÃO E COMUNICAÇÃO COM O ALUNO	53
2.6.6	ESTÍMULOS VISUAIS SÃO ACESSÓRIOS IMPORTANTES	55
2.6.7	TOPOLOGIA DE CONCEITOS E COMUNICAÇÃO	56
2.7	CONCLUSÃO	58

CAPÍTULO 3: SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES

3.1	INTRODUÇÃO	60
3.2	ABORDAGEM TRADICIONAL	61
3.3	ABORDAGEM CONEXIONISTA	63
3.4	MODELO MARTINS-MELO-MEIRELES	67
3.4.1	CARACTERÍSTICAS PESSOAIS	74

3.4.1.1	Preferências de Aprendizagem	75
3.4.1.2	Características Individuais	80
3.4.2	RESULTADOS ENCONTRADOS	90
3.5	SISTEMAS TUTORES EFETIVOS	91
3.6	CONCLUSÃO	93
 <u>PARTE II – SISTEMA PROPOSTO</u>		<u>95</u>
 <u>CAPÍTULO 4: DELINEAMENTO EXPERIMENTAL</u>		<u>96</u>
4.1	INTRODUÇÃO	96
4.2	ELEMENTOS BÁSICOS DA EXPERIMENTAÇÃO	97
4.3	ROTEIRO PARA UMA EXPERIMENTAÇÃO EFICIENTE	101
4.4	EXPERIMENTAÇÃO COM HUMANOS	103
4.5	SISTEMA PROPOSTO	106
4.5.1	LISTA DE REQUISITOS	109
4.6	FUNCIONAMENTO DO SISTEMA	113
4.7	SITUAÇÃO EXPERIMENTAL	116
4.8	CONCLUSÃO	121
 <u>PARTE III – ANÁLISE DOS RESULTADOS</u>		<u>123</u>
 <u>CAPÍTULO 5: EXPERIMENTOS E RESULTADOS</u>		<u>124</u>
5.1	INTRODUÇÃO	124
5.2	HIPÓTESES	125
5.3	FERRAMENTAS	126

5.4	SUJEITOS	126
5.5	CENÁRIO EXPERIMENTAL	127
5.6	EXPERIMENTOS	129
5.7	ANÁLISE DOS RESULTADOS	131
5.8	CONCLUSÃO	137
<u>CAPÍTULO 6: CONCLUSÃO</u>		<u>139</u>
6.1	INTRODUÇÃO	139
6.2	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES	141
6.3	TRABALHOS FUTUROS E SUGESTÕES	142
6.4	COMENTÁRIOS FINAIS	143
<u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>		<u>144</u>
<u>ANEXOS</u>		<u>152</u>
ANEXO 1: QUESTIONÁRIO DE ESTILOS DE APRENDIZAGEM		153
ANEXO 2: CLASSIFICADOR DE KEIRSEY		159
ANEXO 3: TIPOLOGIA MYERS-BRIGGS		168
<u>APÊNDICES</u>		<u>175</u>
APÊNDICE 1: SISTEMA IMPLEMENTADO		176

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: A comunicação caracterizada por Aristóteles.....	34
Figura 2: Arquitetura de Sistemas Especialistas.....	38
Figura 3: Estrutura de um modelo de Instrução Programada Ramificada.	40
Figura 4: Arquitetura clássica de um STI.....	42
Figura 5: Reforçamento positivo.....	47
Figura 6: Relacionamento de pré-requisitos conceituais.....	57
Figura 7: Sistema simbólico.....	63
Figura 8: Rede acíclica com uma única camada (perceptron).....	65
Figura 9: Rede acíclica com uma camada oculta e outra de saída.....	67
Figura 10: Estrutura de tutor com navegação livre.....	69
Figura 11: Estrutura de tutor com navegação guiada.....	70
Figura 12: Arquitetura proposta por Melo & Meireles.....	70
Figura 13: Representação de incoerência.....	73
Figura 14: Exemplo de questão com diferentes graus de acerto.....	74
Figura 15: Atividades de aprendizagem.....	77
Figura 16: Padrões comportamentais humanos por Jung e Myers-Briggs	86
Figura 17: Construção Tipológica de Keirsey-Bates.....	90
Figura 18: Modelo geral de um processo experimental.....	98
Figura 19: Estrutura proposta.....	108
Figura 20: Determinação do perfil dos alunos.....	120
Figura 21: Curva de distribuição das notas iniciais dos alunos.....	131
Figura 22: Curva de distribuição das notas finais dos alunos.....	132

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Cronograma de execução dos experimentos.....	127
Tabela 2: Relação N1 e N2 em “Metodologia Científica”.....	133
Tabela 3: Significância assintótica observada em “Metodologia Científica”	133
Tabela 4: Relação N1 e N2 em “Ritmos Biológicos”.....	134
Tabela 5: Significância assintótica observada em “Ritmos Biológicos”	134
Tabela 6: Comparação entre os ganhos observados.....	135
Tabela 7: Comparação entre N1, N2 e Ganho Normalizado.....	136
Tabela 8: Comparação dos resultados.....	136

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Questionário de Habilidades Computacionais.....	71
Quadro 2: Tipologia de Jung X Tipologia Myers-Briggs.....	87
Quadro 3: Aplicações práticas para testes de Tipos Psicológicos.....	88

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ASP	-	Active Server Page
CAI	-	Computed Aided Instruction / Computed Assisted Instruction
FAQ	-	Perguntas e respostas (do Inglês: Frequently Asked Questions – Questões mais freqüentes)
IA	-	Inteligência Artificial
ICAI	-	Intelligent Computed Assisted Instruction
EAD	-	Educação a Distância
KBTS	-	Keirsey-Bates Temperament Sorter
MBTI	-	Myers-Briggs Test Indicator (Teste Myers-Briggs)
MLP	-	Multilayer Perceptron (Perceptron multi-camadas)
RNA	-	Rede Neural Artificial
STI	-	Sistemas Tutores Inteligentes
UCG	-	Universidade Católica de Goiás
UFG	-	Universidade Federal de Goiás
WEB	-	Equivalente a WWW
WWW	-	World Wide Web

RESUMO

No contexto da transmissão eficiente de informação entre pessoas, particularmente no auxílio a processos de ensino-aprendizagem e treinamento empresarial, este trabalho apresenta resultados da investigação do uso da tecnologia de Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos, baseada em **redes neurais artificiais e regras de especialistas**, desenvolvida por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003]. Por utilizar, em sua validação empírica inicial, dados de treinamento neural provenientes de conteúdo na área de “Introdução ao Processamento de Dados”, restaram dúvidas sobre a aplicabilidade da rede neural treinada a outros cenários. Esta pesquisa aborda tais questões, formalizando requisitos de formatação dos conteúdos e apresentando resultados promissores em dois outros cenários distintos: “Metodologia Científica” e “Ritmos Biológicos”. Os dados obtidos são analisados através de métodos não-paramétricos e nível de significância de 5%, sugerindo que o sistema tutor ensina eficientemente, uniformiza grupos distintos de indivíduos e realmente apresenta adaptabilidade temática.

Palavras-chave: Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos, regras de especialistas, redes neurais artificiais, adaptabilidade temática.

ABSTRACT

In the context of efficient information transmission among people and, particularly in the helping of learning and training processes, this investigation presents results on the use of the technology of Hybrid Intelligent Tutoring Systems, based on **artificial neural networks and expert rules**, developed by **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] and **Meireles** [MEI 2003]. Due to the fact that, in its initial empirical validation, neural training data has been originated from courseware in “Introduction to Data Processing”, some doubts have remained on the applicability of the trained neural network to other scenarios. The present production has approached these issues by the formalization of the content format and by presenting promising empirical results in two other scenarios: “Scientific Methodology” and “Biological Rhythms”. Results were analyzed by non-parametric methods with 5% significance. They reinforce the hypotheses that the studied tutoring system is efficient, able to reduce differences of distinct groups and shows thematic adaptability actually.

Keywords: Hybrid intelligent tutoring systems, expert rules, artificial neural networks, thematic adaptability.

Capítulo 1

Introdução

“Todos os erros humanos são impaciência, uma interrupção prematura de um trabalho metódico.”

Franz Kafka

A Globalização do Capital, desencadeada principalmente a partir da década de 1990, impôs à maioria dos países – capitalistas e socialistas -, exigências de competitividade na formação profissional e acadêmica dos trabalhadores que acentuaram as diferenças entre as necessidades do **mercado** e o nível de **empregabilidade** das pessoas. Esses déficits educacionais estão intimamente relacionados a políticas públicas incoerentes e à formação inapropriada de profissionais da **Educação** [WOL 2004] [AUI 2007].

Nas salas de aula, muitos professores têm enfrentado dificuldades para identificar as reais **necessidades** de seus **alunos**, levando diversos estudantes ao êxodo escolar, desencadeando um processo que tende a comprometer a eficiência do **modelo de ensino presencial** [MAR 1969] [SKI 1972]. Além disso, estas dificuldades institucionais, indiretamente, têm oferecido espaço para a

intercorrência de desemprego, escravidão, subemprego e sujeição a condições adversas de trabalho.

Uma alternativa para incrementar o processo educacional é colocar à disposição das pessoas mecanismos cibernéticos dotados de **Inteligência Artificial (IA)** capazes de auxiliar os educadores na tarefa de ensinar, atuando através de modelo **não-presencial**, de modo a atender às pessoas onde elas estiverem, em um ritmo mais adequado às suas características pessoais [COS 2002].

Contudo, além de serem capazes de identificar o perfil dos usuários e traçar a melhor estratégia de ensino para eles, as **redes neurais artificiais** envolvidas neste processo precisam ser **reaproveitadas** no ensino de outros conteúdos temáticos, **sem** a necessidade de novas sessões de **treinamento**. Isto dinamiza a produção de **Sistemas Tutores Inteligentes** e potencializa o alcance das políticas de **Educação a Distância** [GIR 1995]. À flexibilidade que as **redes neurais artificiais** treinadas possuem para ministrar temas diversos, sem a necessidade de novos treinamentos, dá-se o nome de **adaptabilidade temática**.

1.1 TEMA

A utilização de **redes neurais artificiais** e **regras de especialistas** em **Sistemas Tutores Inteligentes** como dispositivos destinados à identificação de perfis comportamentais, planejamento de navegação e ensino tem evoluído no

sentido de ampliar a capacidade do sistema e oferecer adaptabilidade temática no ensino de domínios diversos, sem a necessidade de treinamentos ulteriores a cada novo projeto [ALE 2000] [GIR 1995] [MEI 2003] [MEL 2003].

Muito do sucesso das **redes neurais** em **Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos** deve-se à utilização de regras desenvolvidas por especialistas; bem como à forma como o conteúdo dos domínios é estruturado, disposto e apresentado aos alunos. Neste trabalho detalhamos a aplicação de uma **rede neural artificial (RNA)** em **Sistema Tutor Inteligente**, utilizando conteúdos de dois temas diferentes para demonstrar seu poder de combinação de regras de especialistas e generalização de perfis, baseando-se em **estilos de aprendizagem** e **perfis psicológicos** [MEI 2003] [MEL 2003].

Assim, o tema deste trabalho é o **desenvolvimento de conteúdos e a construção de quadros instrucionais efetivos visando proporcionar adaptabilidade temática em redes neurais artificiais utilizadas na elaboração de Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos**.

1.2 OBJETIVOS

O presente ensaio tem por objetivo testar a adaptabilidade temática de uma rede neural artificial em Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos, segundo proposta sugerida por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003], utilizando uma metodologia para desenvolvimento de conteúdos, estruturação de quadros instrucionais e aplicação de regras de especialistas

que favoreça ensino e aprendizagem, sem a necessidade de novos treinamentos da rede. Neste sentido, busca identificar se:

- a) A **RNA** realmente promove ensino;
- b) A **RNA** consegue atuar utilizando novos conteúdos **temáticos** sem a necessidade de mais treinamento; e,
- c) O nível de aquisição de conhecimentos (aprendizagem) ocorre em níveis significativamente semelhantes nos dois experimentos.

1.3 JUSTIFICATIVA E MOTIVAÇÃO

A maior ou menor capacidade adaptativa dos seres vivos ao meio-ambiente determina a sobrevivência ou destruição das espécies. O Homem é uma das mais bem adaptadas criaturas vivas sobre a Terra. De acordo com concepções da biologia evolutiva humana, esta capacidade adaptativa relaciona-se intimamente ao tamanho e desenvolvimento de seu cérebro, o qual lhe permite abstrair informações sobre o ambiente, como nenhum outro animal. Contudo, não obstante esta realidade, um grande número de indivíduos não consegue estudar e aprender corretamente porque a forma como são ensinados não respeita suas limitações ou preferências pessoais - um fato passível de comprovação tanto em ensinamentos que utilizam o modelo **presencial** quanto o **não-presencial**.

As necessidades humanas variam muito e agrupam as pessoas em conjuntos relativamente diferenciados. Nas salas de aula, essas contingências

podem levar os professores a classificar seus alunos em grupos, considerando diferenças e semelhanças, para planejar a melhor forma de ensiná-los segundo suas peculiaridades. Entretanto, cronogramas curriculares raramente fornecem condições ideais para o mestre trabalhar. Uma solução para este problema pode estar na utilização de **Sistemas Tutores Inteligentes** que possam ser adotados em cursos de **Educação a Distância**.

O diferencial que transformou os **sistemas tutores** em instrumentos de ensino adaptáveis foi a **Inteligência Artificial (IA)**, cuja capacidade para depreender o perfil do usuário e planejar a melhor trajetória de navegação através do conteúdo programático dos cursos resulta em tornar o processo de **ensino** algo mais **personalizado**. Isto se deve à capacidade da rede em aprender sobre o usuário do sistema ao mesmo tempo em que o ensina, podendo modelar a realidade do aluno, identificar seu perfil comportamental e traçar um plano de curso mais direcionado às suas preferências pessoais ou perfil psicológico.

Todavia, a criação de **Sistemas Tutores Inteligentes** resistentes a ruídos tem obrigado os programadores a realizar sessões extensas e demoradas de treinamento das **redes neurais artificiais**. O objetivo é identificar parâmetros de orientação aos mecanismos de navegação, mas isso se torna um forte contratempo quando considerado o contínuo crescimento da demanda por educação e treinamentos no mundo inteiro.

O uso de regras de especialistas baseadas em **estilos de aprendizagem** e **tipos psicológicos** amplia consideravelmente o espectro de perfis que o tutor é capaz de identificar. Por outro lado, a topologia adotada na criação e distribuição dos contextos e a sua associação a quadros instrucionais

bem construídos levam à possibilidade de **reutilização da RNA** sem a necessidade de novas coletas de dados e treinamentos. Dessa forma, a grande justificativa e motivação para a elaboração deste trabalho é a possibilidade de demonstrar a reutilização dinâmica das **redes neurais artificiais (RNA's)** sem a necessidade de novas coletas de dados e treinamentos, oferecendo uma nova forma de abordagem para a elaboração de conteúdos e quadros instrucionais capaz de proporcionar **adaptabilidade da rede** ao conteúdo de novos temas (**adaptabilidade temática**), além de oferecer uma contribuição técnica e científica que ajude no desenvolvimento de **Sistemas Tutores Inteligentes**.

1.4 PROBLEMA E HIPÓTESES

Inicialmente, a **Educação a Distância (EAD)** foi desenvolvida utilizando livros e publicações periódicas, entregues aos interessados através dos correios e transportadoras, mas o aperfeiçoamento das telecomunicações e o advento dos computadores agiram de forma sinérgica para aperfeiçoar e impulsionar seu processo de difusão de conhecimentos. Neste sentido, o uso da **Tecnologia da Informação**, associada à **Pedagogia** e à **Psicologia**, tem conseguido resultados promissores [GIR 1997] [MEI 2003] [MEL 2003]. Conceitos oriundos das **Neurociências** têm sido adotados na construção de **redes neurais conexionistas** capazes de modelar, com bastante precisão, a

forma como o ser humano percebe o ambiente e retém informações, para poder melhor ensiná-lo.

Entretanto, uma característica indesejada dos sistemas convencionais de **EAD** é a sua incapacidade em perceber nas respostas dos seus usuários um padrão comportamental que possibilite traçar estratégias de ensino adequadas às preferências de aprendizagem ou tipos psicológicos, tornando o processo de ensino muito impessoal. Soluções para este problema têm sido encontradas no desenvolvimento de **Sistemas Tutores Inteligentes (STI's)** capazes de modelar o comportamento humano e traçar o perfil do usuário para determinar estratégias de ensino mais personalizadas [MAR 1969] [SKI 1972].

O inconveniente no desenvolvimento de **STI's** é o tempo de treinamento das **RNA's**. São necessárias sessões extensas para deixá-las a par do domínio a ser ensinado e das regras de negócio pedagógicas. Porém, neste trabalho apresentamos um modelo de **STI** elaborado com capacidade para ministrar conteúdos diversos sem a necessidade de novos treinamentos (**adaptabilidade temática**), desde que sejam obedecidas regras específicas para a elaboração e distribuição de contextos e a confecção dos quadros instrucionais.

Desta forma, a hipótese principal deste trabalho é:

- **A elaboração criteriosa de conteúdos e a utilização de regras de especialistas é capaz de auxiliar uma Rede Neural Artificial no ensino de conteúdos temáticos diferentes, com a mesma efetividade, eliminando a necessidade de treinamentos ulteriores e promovendo adaptabilidade temática.**

As hipóteses secundárias são:

- **Ocorrerá aprendizado** em ambos os cursos ministrados.

- A **taxa de aquisição** de conhecimento (ganho de aprendizagem) será **igual** nos dois grupos pesquisados.

1.5 DESENVOLVIMENTO

Martins [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] demonstram uma capacidade tutorial bem sucedida de **RNA** em **STI Híbrido** ao ensinar tópicos de **Introdução ao Processamento de Dados**. Para testar a adaptabilidade dessa rede, desenvolveram-se dois planos de curso com temas específicos: **Metodologia Científica** e **Ritmos Biológicos**. Os conteúdos foram inseridos na base de dados do **Sistema Tutor** e distribuídos em contextos hierarquizados por nível de dificuldade.

O domínio de Metodologia Científica foi aplicado a alunos do primeiro semestre do curso de Engenharia Elétrica, do ano de 2007, da Universidade Federal de Goiás, matriculados na disciplina Metodologia Científica; Ritmos Biológicos foi aplicado a alunos do sétimo semestre do curso de Ciências Aeronáuticas, da Universidade Católica de Goiás, matriculados na disciplina Computadores de Bordo e Aviônica.

Em ambos os casos, inicialmente, os alunos são informados sobre os objetivos da atividade. A seguir, têm que responder a questionários sobre informações pessoais, objetivando levantar dados de suas **preferências de aprendizagem** e **tipos psicológicos**.

Imediatamente antes de iniciar seus cursos, os alunos respondem a um pré-teste, de caráter geral, compreendendo todos os tópicos que serão ensinados nos contextos de seus respectivos temas. A partir daí, durante as aulas, para cada conceito ensinado, os alunos são levados a responder a uma pergunta específica. Ao final das atividades, um novo teste geral é apresentado, com a finalidade de estabelecer o grau de aproveitamento do aluno em relação aos conceitos ensinados, comparando suas notas finais às obtidas no pré-teste.

Os dados resultantes são tratados estatisticamente através de métodos não-paramétricos, devido o tamanho das amostras ser inferior a trinta indivíduos e as curvas de distribuição das notas não apresentarem suficiente normalidade, impedindo o uso do teste **T-Student**. A representação dos resultados é feita através de tabelas e gráficos.

1.6 PRINCIPAIS RESULTADOS

Martins [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] desenvolveram um sistema tutor inteligente (adaptativo) capaz de guiar indivíduos em processo de tutoria segundo suas características psicológicas e preferências de aprendizagem. Utilizaram como domínio, tópicos de “Introdução ao Processamento de Dados”. Seus ganhos normalizados revelam notas médias superiores nos casos em que os alunos são tutorados utilizando navegação inteligente, em detrimento dos casos em que a navegação é livre ou aleatória. Restando dúvidas sobre a aplicabilidade da rede neural utilizada a

outros cenários, esta pesquisa aborda tais questões, formalizando requisitos de formatação de conteúdos e trabalhando dois cenários bastante distintos: “**Metodologia Científica**” e “**Ritmos Biológicos**”.

Os resultados obtidos são promissores, apresentando **ganho normalizado** das **notas médias** em torno de **72,97%** para os alunos do curso de “Metodologia Científica”; e, **65,51%** para os alunos do curso de “Ritmos Biológicos”. Os dados sugerem fortemente que houve aquisição de conhecimento em ambos os casos. Além disso, outras evidências sugerem que o sistema tutor inteligente exerce um papel **uniformizador** sobre os dois grupos, e a **RNA** utilizada é eficiente ao tutorar os alunos, mesmo não tendo recebido qualquer **treinamento** sobre os conteúdos ministrados.

1.7 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A diagramação deste trabalho foi organizada em seis capítulos. Primeiramente, apresenta-se uma introdução ao tema, aludindo aos objetivos, metodologia e hipóteses inerentes ao experimento realizado.

O **Capítulo 2** é constituído por uma revisão bibliográfica de técnicas pedagógicas, controle de contingências, processo de modelagem comportamental, linearidade e ramificação. Trata ainda da determinação de categorias comportamentais e da criação de quadros efetivos, discorrendo sobre estimulação formal e temática.

No **Capítulo 3** é abordado o modelo desenvolvido por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] sobre o uso de perfis psicológicos e estilos de aprendizagem para a **melhoria de Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos**, destacando a **RNA** proposta. São tratadas, ainda, as técnicas de levantamento de características pessoais de **Kolb** [KOL 1984], **Jung** [JUN 1976], **Myers-Brigs** [MYE 1985] e **Keirsey-Bates** [KEI 1984].

O **Capítulo 4** traz o delineamento experimental, informações relevantes sobre a experimentação com humanos e o funcionamento do Sistema proposto, e apresenta sugestões sobre requisitos de qualidade em quadros efetivos.

O **Capítulo 5** traz os experimentos e seus resultados acompanhados da análise estatística dos dados obtidos.

No **Capítulo 6** são apresentadas as conclusões obtidas, além das expectativas para a realização de trabalhos futuros e comentários finais.

1.8 CONCLUSÃO

Este capítulo apresentou uma visão geral do trabalho que se segue, dividida em duas partes: na primeira, foram expostos tema, objetivos, justificativas e motivação; bem como o problema proposto, hipóteses e a forma como a pesquisa foi desenvolvida. Na segunda parte, mostrou a estrutura da dissertação, objetivando esclarecer o leitor sobre a forma como as informações foram dispostas ao longo dos capítulos e o seu conteúdo, a fim de facilitar a compreensão geral do ensaio.

PARTE I

Fundamentação Teórica

Capítulo 2

Fundamentos do Processo Ensino-Aprendizagem

“Ensinar é o ato de facilitar a aprendizagem. Quem é ensinado aprende mais rapidamente do que quem não é”.

B. F. Skinner

2.1 INTRODUÇÃO

Resguardadas as proporções, cada ser vivo, em sua escala evolutiva, aprende a adaptar-se às contingências ambientais que o cercam, ou então morre. O compartilhamento das experiências aumenta as possibilidades de sucesso das espécies. Naquelas cujo tempo de vida é muito curto, não há espaço para adaptações através do modelo de erro e acerto. Assim, informações relativas à sobrevivência, procriação e interação com o ambiente são passadas geneticamente, de geração a geração, configurando os chamados padrões específicos da espécie, ou **aprendizado filogenético**. Por outro lado, em espécies com tempo de vida mais longo, essa adaptação é facilitada pela transmissão de conhecimentos dos mais velhos aos mais novos,

durante parte de sua vida, ao agir sobre o ambiente, configurando o modelo denominado **aprendizado ontogenético** [SCH 1979] [SCH 1980].

No ser humano, a transmissão e a aquisição de conhecimentos seguem o **modelo ontogenético**. Contudo, assume características peculiares, dado o seu alto grau de desenvolvimento evolutivo. Assim, a **Educação** se inicia na história da **Humanidade** obedecendo a contingências do ambiente social, muito provavelmente de forma imperceptível, quase indistinta dos comportamentos quotidianos e das tradições pessoais, na tentativa dos indivíduos mais velhos educarem os mais jovens [BER 1993].

Ao longo da História, a Escola acaba se constituindo no lugar de excelência para a transmissão de conhecimentos. Entretanto, a forma como este processo se desenvolve acaba apresentando resultados relativamente diversos daqueles planejados pelos educadores. O crescimento populacional, a realidade econômica das famílias e a diversidade comportamental das pessoas desencadeiam, nas salas de aula, uma situação relativamente insuficiente para os professores ensinarem seus alunos respeitando as limitações e preferências pessoais de cada um. Durante séculos tem-se discutido alternativas para personalizar o ensino. O resultado mais recente dessas discussões é o uso de dispositivos cibernéticos inteligentes capazes de atuar como mecanismos auxiliares na educação dos alunos, respeitando sua individualidade e aproveitando suas potencialidades [BER 1993] [MEL 2003] [MEI 2003].

2.2 EDUCAÇÃO COMO CIÊNCIA

Até o início do **Século XX**, os experimentos em Educação eram considerados um assunto fenomenológico, porque se considerava a educação mais como um desafio moral ou filosófico do que científico. Mas o enorme desenvolvimento da **Psicologia Experimental** trouxe reflexos significativos aos métodos de ensino, evidenciando uma tendência de adaptá-los à psicologia do educando. Neste sentido, o trabalho de quatro cientistas torna-se fundamental para definir o destino da pesquisa científica em Educação: **William James**, Granville **Stanley Hall**, **John Dewey** e Edward Lee **Thorndike** [BER 1993].

James considera que os **hábitos** são o *grande pêndulo* da sociedade e que os comportamentos adquiridos ainda na infância guiam o comportamento do Homem pelo resto de sua vida, promovendo a união social. Ele vê na Educação um elemento crucial da sociedade, e na Escola o local onde os hábitos podem ser mais eficientemente adquiridos e modelados.

Stanley Hall tem concepções próprias em Psicologia. Foi o primeiro a estudar o desenvolvimento infantil. Como **Piaget** viria a fazer, cinquenta anos depois, elabora perguntas às crianças sobre suas concepções de mundo. Sua pesquisa estuda a vida de pessoas comuns em suas atividades cotidianas. A partir de seus trabalhos, educadores passam a ver os alunos sob o ponto de vista das crianças e seus diferentes referenciais, grupos lingüísticos e culturais (entre outros).

Muito influenciado por Herbert Spencer, **John Dewey** afirma que a Educação precisa de mais ciência e menos literatura. Em 1896, escreve um importante artigo sobre Psicologia, no qual afirma que **estímulo e resposta** são

entidades inseparáveis, que ocorrem como partes interligadas e indissociáveis de cadeias comportamentais prévias e futuras.

Thorndike foi o responsável pelas primeiras pesquisas no campo da Psicologia Animal Comparada, estudando a forma como animais e homens aprendem. Acredita fortemente no potencial de uma abordagem racional e científica da Educação, e é o responsável pelo surgimento do termo **reforço**. Suas idéias sugerem um modelo mecânico sobre a aplicação da **Psicologia na Educação**, e é freqüentemente chamado de **conexionista**, por causa de sua idéia de que as ligações entre estímulo e resposta usam o formato de **conexões neurais**. Sua obra demonstra uma fé inabalável na Psicologia Experimental e em Estatística, e acredita que apenas o trabalho empírico deve guiar a Educação. Formulou a chamada **Lei do Efeito**, na qual afirma que respostas que ocorrem antes de uma conseqüência prazerosa têm maior chance de se repetir; enquanto respostas que precedem uma conseqüência desagradável têm maior probabilidade de não mais se repetir - o que explica, simplesmente, a base de toda a análise do condicionamento operante [BER 1993].

Mas a despeito dos esforços para modernizar o processo de ensino, invariavelmente, todas as teorias tratam do problema considerando o modelo de ensino **presencial**. Até a década de 1920 não se concebia oficialmente um modelo de ensino **não-presencial**. Foi o grande desenvolvimento dos testes de inteligência e instrução o responsável pelo surgimento de ensaios destinados a promover a efetividade das aplicações [MUR 1973]. Mais tarde, isso possibilitou chegar-se à concepção da “máquina de ensinar”. Este novo fato permite que se mantenha a mesma estrutura do discurso aristotélico, onde há a

figura do orador (ou professor), o discurso (ou ensinamento) e o ouvinte (ou aluno), porém, modificando-se o **canal** para que se possa estabelecer o processo educacional, mesmo quando professores e alunos se encontram física ou temporalmente distantes.

2.3 ENSINO PERSONALIZADO

Historicamente, **Demócrito**, **Platão** e **Aristóteles** foram os primeiros a abordar a temática da educação. Em seus diálogos, discorrem sobre a postura do professor diante do aluno e de **diferentes tipos de educação para diferentes tipos de pessoas**. Em Roma, **Quintiliano** condena o uso da força física como mecanismo disciplinador, e argumenta que os professores devem levar em conta as **diferenças individuais**, sugerindo que reservem um tempo somente para aprender as características pessoais dos seus alunos [BER 1993].

Com a **Idade Moderna**, ganha fôlego a idéia de que o ensino deve acompanhar a **evolução natural da criança** e adaptar-se aos seus interesses. **Jan Amos Komensky** – humanista, escritor e pedagogo tcheco – foi pioneiro na utilização de métodos que despertassem o interesse crescente do aluno e, em seus estudos, lançou as bases da **instrução assistida por imagens**. Recomenda que as instruções devam ser iniciadas pelos conceitos mais gerais até chegar aos mais particulares, e que nada aprendido nos livros pode ser aceito a menos que possa ser comprovado através dos sentidos.

Em 1762, Jean-Jacques **Rousseau** escreve *Emílio* ou *Da Educação*, um longo estudo sobre a educação, em forma de romance, propondo a valorização da criança e condenando as tentativas de forçá-la a comportar-se como um adulto em miniatura. Em 1805, Johann H. **Pestalozzi** funda o **Internato Yverdon**, no qual, durante 20 anos, adota um currículo em que os alunos iniciam seus estudos a partir do conhecimento de objetos mais simples, até chegar aos mais complexos, partindo do conhecido para o desconhecido, do concreto para o abstrato, do particular para o geral.

Johann Friedrich **Herbart** foi muito influenciado pelas idéias de **Pestalozzi** e tornou-se o precursor de vários conceitos e doutrinas da Educação e da Psicologia moderna. Para ele, o pensamento é determinado por um mecanismo de **associações**. Cria um método chamado *Instrução Educativa*, onde ensina os alunos utilizando situações sucessivas, encadeadas e reguladas pelo professor, para que a aula se adapte melhor à psicologia do aluno. Cada lição deve obedecer a **cinco passos formais**:

- a) **preparação** (da mente do estudante);
- b) **apresentação** (do material a ser aprendido);
- c) **comparação**;
- d) **generalização**; e,
- e) **aplicação**.

Não obstante o tempo decorrido entre os primeiros diálogos na Grécia Antiga e os **enunciados herbatianos**, uma característica comum a todos é sua defesa do modelo de comunicação (ensino) baseado na antiga caracterização aristotélica [PAS 2003], conforme esquematizado na Figura 1. Essa estrutura

prevê o orador, o discurso enunciado e o ouvinte – todos se encontrando fisicamente presentes no mesmo ambiente.

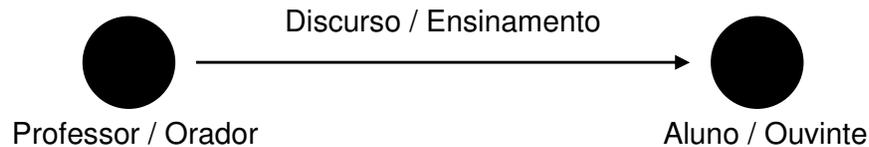


Figura 1 – A comunicação caracterizada por Aristóteles

2.4 INSTRUÇÃO PROGRAMADA

Dificuldades econômicas, grandes distâncias, condições climáticas e relevo territorial, tudo isso pode dificultar a execução de políticas públicas de Educação em diversos países. Para tentar combater este problema, a partir da década de 1880, algumas instituições de ensino começam a oferecer cursos a distância. No princípio, isto é feito informalmente, à margem do sistema oficial de ensino, utilizando livros, periódicos e outras publicações transportadas pelos correios. Contudo, após o domínio das tecnologias de comunicação, passa-se a utilizar neste processo as ondas de rádio, televisão, satélites, computadores e Internet.

A partir de meados do Século XX, são pesquisados mecanismos capazes de ensinar um número maior de alunos, mantendo a qualidade curricular a toda prova, mas sem implicar no aumento de esforços para os

professores. A esse conjunto de recursos e meios, incluindo técnicas, instrumentos, procedimentos e programas, convencionou-se chamar de **Educação a Distância**, ou simplesmente **EAD**.

O que caracteriza a EAD são três peculiaridades:

- Separação espacial ou temporal entre quem ensina e quem aprende;
- O controle sobre o ritmo dos estudos situado nas mãos do aprendiz; e,
- O processo de comunicação entre professor e aluno ser intermediado por um objeto, equipamento ou sistema.

Desde 1915, já se iniciam pesquisas relativas a mecanismos automáticos de ensino e correção de provas. Contudo, é Sidney L. **Pressey**, em artigo publicado em 1926, o primeiro a tratar da questão sob o ponto de vista metodológico, em harmonia com as leis básicas de ensino e aprendizagem. Entretanto, seu trabalho não é reconhecido durante décadas, e somente a partir de 1950, **Skinner** intenta utilizá-lo como base para um novo projeto, inicialmente voltado para estudos com animais [MUR 1973].

A ênfase nas pesquisas de **Skinner** sobre máquinas de ensinar não está em provar ou não teorias, mas em descobrir e controlar variáveis que possam influenciar positivamente o processo de aprendizagem. Reelaborando conceitos, ele identifica nesses equipamentos algo que passou despercebido a **Pressey**: ao avaliar as respostas do aluno às perguntas e recusar eventuais respostas erradas, indiretamente, a máquina está ensinando as respostas certas. Diz que apesar do comportamento modelado ser geralmente verbal, este tem que ser controlado tanto através de estímulos verbais quanto não-verbais.

Skinner aperfeiçoa as idéias de **Pressey** com o objetivo de produzir ensino e aprendizagem em massa. Chama a atenção para o fato de que a

maior parte da **aprendizagem humana** se dá através de mecanismos operantes, mostrando que um modelo educacional eficiente destinado a promover o ensino a distância deve, necessariamente, atentar para as teorias de **reforço** do **comportamento operante**. Assim, desenvolve uma técnica chamada **Instrução Programada Linear**, destinada a operacionalizar uma relação de ensino programado, prevendo um papel mais ativo para o estudante no processo instrucional [MUR 1973].

2.4.1 PROGRAMAÇÃO LINEAR

O conceito de **linearidade** implica em que o estudante deve transitar por um conteúdo programático estruturado *em linha reta*, seguindo uma **seqüência instrucional** pré-estabelecida. Skinner estabelece três princípios básicos para essa programação, de forma que se possa produzir aprendizagem, mesmo diante das características pessoais do estudante e da possibilidade da ocorrência de erros [MAR 1969].

O **primeiro princípio** diz que deve haver uma **relação de troca** permanente **entre o programa** e o **estudante**, de tal forma que a máquina possa induzir o aluno a uma atividade sustentada de busca pelo conhecimento, e não, simplesmente, apresentar um conteúdo a ser aprendido. A atividade respondente do aluno é conseguida quando ele processa as informações como um todo, sente a necessidade de responder aos questionamentos apresentados e resolve permanecer na busca de novos desafios no programa.

No **segundo princípio** Skinner afirma que o **aluno aprende** tanto o **conteúdo estudado** quanto a própria **resposta** apresentada. Assim, se exibe uma resposta errada e não é alertado para que possa reavaliar a sua percepção do contexto e corrigi-la, há uma grande possibilidade de que vá repetir o erro quando for reapresentado a problemas de conteúdo semelhante.

O **terceiro princípio** diz que **imediatamente** após a emissão da resposta do aluno, o programa deve interromper o processo de navegação para avaliar a resposta apresentada, comparando-a com a resposta correta fornecida pelo programador. Se o aluno está certo, deve receber uma confirmação de seu acerto enquanto o programa o transfere para o próximo passo da programação; se não, pelo menos, deve ter acesso à resposta correta para avaliar e modificar seu comportamento. Isso aumenta – embora não garanta – as possibilidades de que vá apresentar a resposta certa na próxima vez em que for confrontado por uma questão similar.

Uma das principais falhas da **Programação Linear** é ela não estar preparada para lidar com eventuais erros do estudante. Para ela, os **erros não são inerentes** ao processo de aprendizagem, mas o resultado de uma suposta falha na programação das instruções. Já na **Programação Ramificada**, o erro é uma possibilidade prevista, e tem tratamento específico [MAR 1969].

A Figura 2 apresenta um exemplo de Sistema Tutor Especialista com estrutura linear. Observa-se que o especialista modela a realidade e alimenta a base de dados utilizada para subsidiar o processo de ensino.

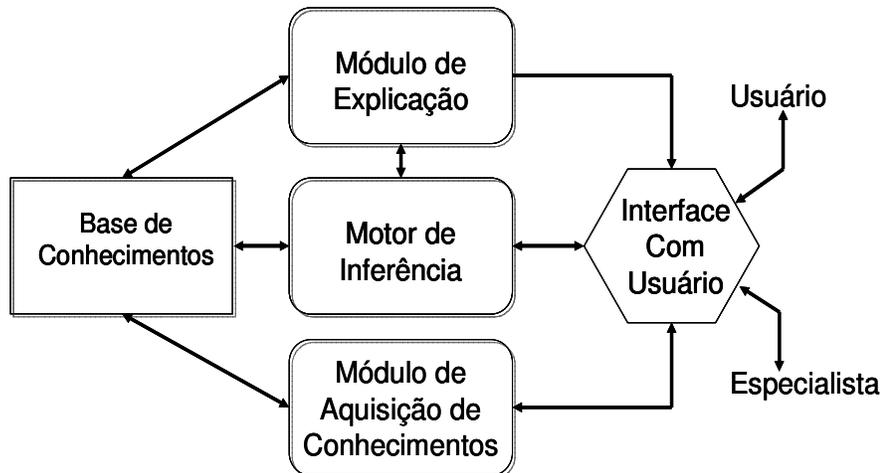


Figura 2 - Arquitetura de Sistemas Especialistas

2.4.2 PROGRAMAÇÃO RAMIFICADA

Depois de Skinner, Norman **Crowder** [CRO 1960] sugere uma técnica mais pragmática, desatrelada das teorias de aprendizagem, voltada à concepção do **conteúdo** instrucional dos programas e que permite maior interação entre tutor e aluno. Sua intenção é conceber um material tão bem elaborado que a programação transforme a máquina em um tutor bastante semelhante ao professor particular. Chama a essa técnica de **Instrução Programada Ramificada**, e atualmente ela é a mais utilizada no desenvolvimento de sistemas com esta finalidade [MUR 1973].

Na **Programação Ramificada** ou **Intrínseca**, um texto é apresentado ao aluno para que ele o leia. A seguir, é apresentada uma questão relativa ao tópico estudado, contendo **múltiplas possibilidades** de resposta. Toda

resposta do aluno o remete a um **destino diferente** do que se encontrava. Se a resposta estiver correta, é possível que vá para a unidade seguinte; mas, se estiver errada, ele obrigatoriamente vai para uma lição de conteúdo semelhante ao que acabou de ler, para reforçar seus conhecimentos sobre o tópico estudado, antes de passar à próxima fase. De qualquer forma, ele é sempre informado sobre seu grau de aproveitamento no teste. Outra característica é que **o trajeto** do aluno através dos quadros informativos **não é seqüencial**, mas **randômico**, e o aluno não pode ignorar um texto ou pergunta e simplesmente passar à fase seguinte [CRO 1960] [MAR 1969].

De maneira geral, os itens ou quadros são compostos de três elementos: **informação, pergunta e confirmação** da validade da **resposta** obtida. Considerando-se o fato do seu conteúdo ser estabelecido e criado por professores de profundo conhecimento do domínio a ser ensinado, e assim, ser constituído do melhor que os melhores professores podem oferecer, um efeito benéfico da utilização da Instrução Programada é tornar possível que um **número muito maior de alunos** possa ter acesso a esse material selecionado. Outra vantagem reside na forma como o material é diagramado, possibilitando aos alunos um estudo que respeita as suas características pessoais, sem o risco de diminuir a qualidade do material empregado. O esquema do modelo ramificado pode ser mais bem observado na Figura 3.

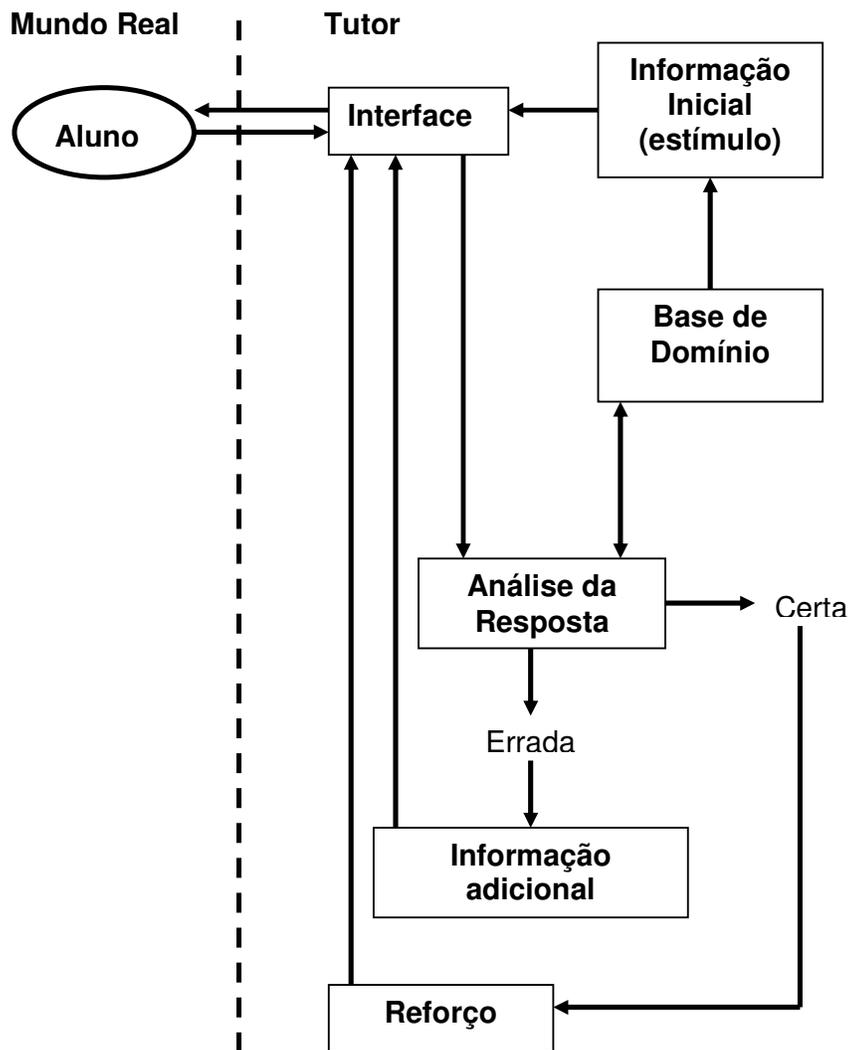


Figura 3 – Estrutura de um modelo de Instrução Programada Ramificada

2.5 ENSINO A DISTÂNCIA E INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A partir da década de 1960, o uso de computadores leva à criação de novas aplicações educacionais denominadas **Instrução Assistida por Computador** (do Inglês, *Computer-Assisted Instruction* - CAI). Contudo, sua estrutura apresenta uma falha: não têm capacidade para reconhecer o perfil psicológico do estudante. Posteriormente, este modelo é inovado adicionando-se **Inteligência Artificial (IA)**, transformando-se em Instrução Inteligente Assistida por Computador (do Inglês, *Intelligent Computer-Assisted Instruction* - ICAI). No Brasil, para qualificá-lo, é adotada a nomenclatura **Sistemas Tutores Inteligentes (STI)** [GIR 1995] [SIL 2006].

Os sistemas **CAI** são modelos de tutoria tradicionais, baseados no paradigma da **Instrução Programada Linear**, com informações seqüenciais e progressão do grau de dificuldade. Possui fundamentos na Psicologia Experimental Behaviorista e tem por finalidade auxiliar o professor no processo de ensino. Sua maior limitação é desconsiderar as diferenças pessoais, devido ao fato da apresentação dos conteúdos ocorrer da mesma maneira, independentemente do desenvolvimento do aluno nos testes. Nos sistemas CAI, o processo de ensino-aprendizagem exercido pelo computador assemelha-se muito aos métodos tradicionais de ensino, e o papel do aluno resume-se a tentar “aprender” um conhecimento preexistente na base de domínios do sistema.

A inserção da **IA** e a adoção da **Instrução Programada Ramificada** transforma essa estrutura em algo virtualmente provido de inteligência, aglutinando sinergicamente a Psicologia Cognitivista e a Ciência da

Computação. Neste modelo, a estrutura do conhecimento é baseada em métodos de investigação progressiva dos problemas, fazendo com que o comportamento do aluno vá sendo modelado passo a passo, e de forma sustentável.

O que diferencia basicamente um **CAI** de um **ICAI** é que no primeiro o aluno é **induzido** a uma resposta correta, enquanto no segundo o sistema busca **extrair capacidades cognitivas** dos alunos e utilizá-las para tomar decisões sobre qual a melhor estratégia de curso a ser adotada [MEL 2003]. Outra característica é que nos **ICAIs** tanto alunos quanto máquinas aprendem. Sua arquitetura constitui-se, basicamente, de três **módulos de dados**, um **módulo de controle**, a **interface** e o próprio **usuário** (Figura 4).

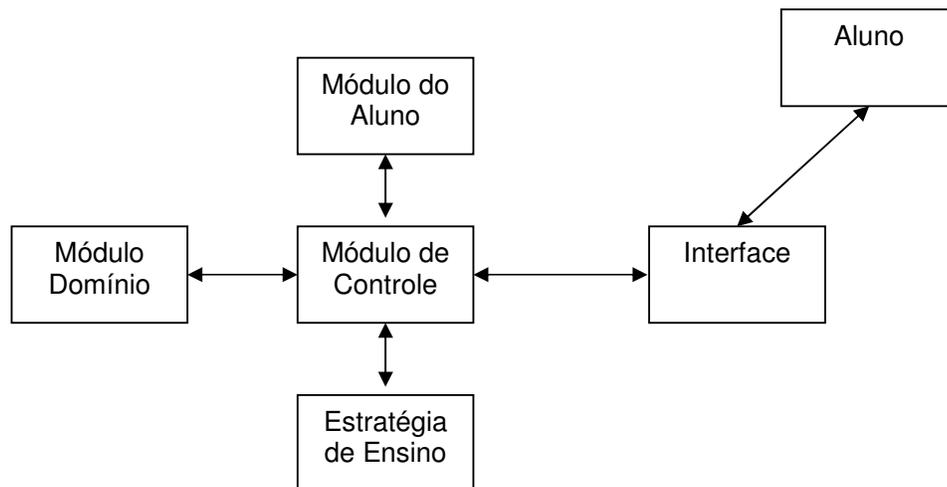


Figura 4 – Arquitetura clássica de um STI

Cada entidade nesta estrutura precisa ser modelada por especialistas e todos devem estar de pleno acordo sobre a finalidade do projeto. O **módulo de controle** faz a coordenação do tutor. É ele quem realmente manipula as

informações armazenadas na base de dados e lida com o usuário, exercendo o papel de tutor. Utiliza a **IA** para se adaptar ao ambiente e conduzir o curso, direcionando-o às características pessoais do estudante. Sua concepção envolve muita lógica e programação, devendo ser trabalhada por especialistas em Ciências da Computação.

Estratégias de ensino devem capacitar o tutor a desempenhar eficientemente a tarefa de ensinar. Assim, torna-se necessário ao projeto o trabalho de especialistas em Educação que modelem minuciosamente suas regras de negócios pedagógicas.

Modelo do aluno é uma representação das habilidades cognitivas dos alunos. É com base nessas informações, combinadas com a base contida no módulo de domínio, que o tutor infere a melhor estratégia de ensino para o aluno. Por se tratar de comportamento humano, os profissionais mais capacitados para elaborar suas regras de negócio são psicólogos e psiquiatras.

Modelo domínio é a base de conhecimentos a ser ensinada aos alunos. A representação de seu conteúdo é a mais variável do conjunto, pois está diretamente ligada aos objetivos do projeto. É nele que está incorporada a maior parte da “inteligência” do sistema, e todas as avaliações são feitas tomando por base as informações que ele contém, por isso deve ser trabalhado por especialistas de sua área.

Interface é o dispositivo de interação do tutor com o aluno. Sua concepção varia de acordo com os objetivos do projeto, indo desde simples janelas até diálogos com reconhecimento de voz [GIR 2002]. Seu desenvolvimento é complexo porque, do ponto de vista do usuário, a interface é

o próprio sistema. Deve ser muito bem planejada, de modo a se tornar agradável ao usuário, facilitando sua interação com o sistema.

2.6 CONTEÚDO E MODELAGEM COMPORTAMENTAL

Para Skinner, poder prever um comportamento não significa poder modificá-lo. É necessário estudar sua topografia para descobrir como induzi-lo e trabalhá-lo. Explicando o estado da arte, ele afirma que toda aprendizagem implica, **necessariamente**, em uma mudança de comportamento, mas que em sala de aula o que ocorre é uma tentativa de ensinar os alunos através da imposição de estímulos aversivos. Dessa forma, o principal problema relacionado à **aprendizagem** está em saber como agir para promovê-la de maneira **segura e duradoura** [SKI 1972].

A adoção de estágios sucessivos no processo de **modelagem do comportamento**, alterando **progressivamente** as **contingências de reforço** na direção do comportamento ideal desejado, tem gerado resultados promissores. Neste aspecto, os **esquemas de reforço** assumem um papel de importância capital, pois os “reforços continuam a ser importantes mesmo muito depois de o organismo ter aprendido como fazer algo, mesmo depois de ter adquirido o comportamento” [SKI 1972].

Portanto, a tarefa de **modelar respostas** deve necessariamente passar por um **controle das contingências** envolvidas na geração e manutenção dos comportamentos operantes. É necessário identificar, também, como se dão os

processos comportamentais complexos que o Homem utiliza na resolução de problemas encadeados. Esses **esquemas** de procedimento são particulares a cada pessoa, mas “a despeito das **diferenças filogenéticas**, todos os organismos apresentam propriedades extraordinariamente semelhantes no processo de aprendizagem” [SKI 1972].

Assim, para atingir o objetivo desejado, um sistema deve ser projetado considerando os **tipos de resposta** com as quais poderá contar. Isto facilita a **esquematização das contingências** que mantêm o comportamento fortalecido. Outra questão prática é definir que **reforçadores** estão à disposição do programador, pois alguns já apresentam **reforçamento automático**, como as matérias que implicam em transformações ambientais. O **alvo** dos programadores na elaboração dos **quadros instrucionais** deve ser o **condicionamento operante**, mas para atingir este objetivo, é necessário trabalhar quatro importantes categorias comportamentais: **discriminação, generalizações, cadeias e conceitos**.

Discriminação é a capacidade de o aluno perceber ou identificar um determinado estímulo, **isolando-o** dos demais e, na sua presença, emitir uma resposta adequada. Assim, **um único** e determinado **estímulo** deve **eliciar** a **resposta** desejada. O maior de todos os problemas é qualificar qual **estímulo discriminativo** deve ser inserido nos **quadros** para obter a eficácia pretendida, pois a discriminação é algo particular, diz respeito a cada um, individualmente.

A capacidade de **generalização** refere-se ao fato de o indivíduo - diante de situações semelhantes -, utilizar respostas parecidas para a solução de novos problemas similares. Por outro lado, a noção de **conceito** refere-se a uma **classe** ou **conjunto** de itens que possuem **pequenas variações** entre si,

mas que também **compartilham** certas **propriedades** que, por definição, acabam por torná-los membros do mesmo grupo. Isto ocorre porque a “**aprendizagem conceitual** inclui tanto a **generalização** dentro da classe quanto a **discriminação** fora da classe” [MAR 1969]. O correto entendimento deste termo é de fundamental importância para o trabalho dos programadores, porque a maioria dos conceitos é muito mais ampla e complexa do que um estímulo isolado numa típica discriminação de problemas, e pode ser determinante para o sucesso ou fracasso de um sistema.

Finalmente, o termo **cadeias** trata da capacidade que os indivíduos possuem de seguir seqüências comportamentais relativamente longas e complexas, permeadas de estímulos, até chegar a um objetivo proposto. Neste processo, **um passo deve servir de estímulo para o início de outro**. Além disso, “estamos constantemente mudando de esquema para esquema à medida que o ambiente muda” [SKI 1972].

2.6.1 COMPORTAMENTO OPERANTE

Sinteticamente, pode-se dizer que respondente é o comportamento que o sujeito apresenta em resposta a uma estimulação prévia, enquanto operantes são respostas influenciadas por possíveis conseqüências dos atos praticados. Assim, o comportamento operante caracteriza-se por ser um ato voluntário onde o sujeito **busca** os resultados de sua ação, muito embora possa desconhecer a totalidade dos resultados envolvidos. Se o efeito causado é

prazeroso, o indivíduo é reforçado positivamente e aumentam as chances deste comportamento se repetir. Por outro lado, se o resultado é um profundo desgosto, esses comportamentos são influenciados negativamente e as chances deles se repetirem diminuem consideravelmente.

A Figura 5 apresenta a modelagem de uma situação hipotética: em seu primeiro dia de aula, Joãozinho fica interessado por Gabriela. Na hora do recreio, vai até ela, oferece-lhe um sorvete e fala sobre suas intenções. Como ela aceita sua “cantada”, eles começam a namorar e ela ainda lhe dá um beijo. Desta forma, seu comportamento é reforçado positivamente e as chances dele repetir esta técnica com outras garotas são muito aumentadas.

Por outro lado, se Gabriela não tivesse aceitado a “cantada” de Joãozinho, o comportamento do garoto seria reforçado negativamente e, a partir daí, ele pensaria duas vezes antes de usar esta tática.

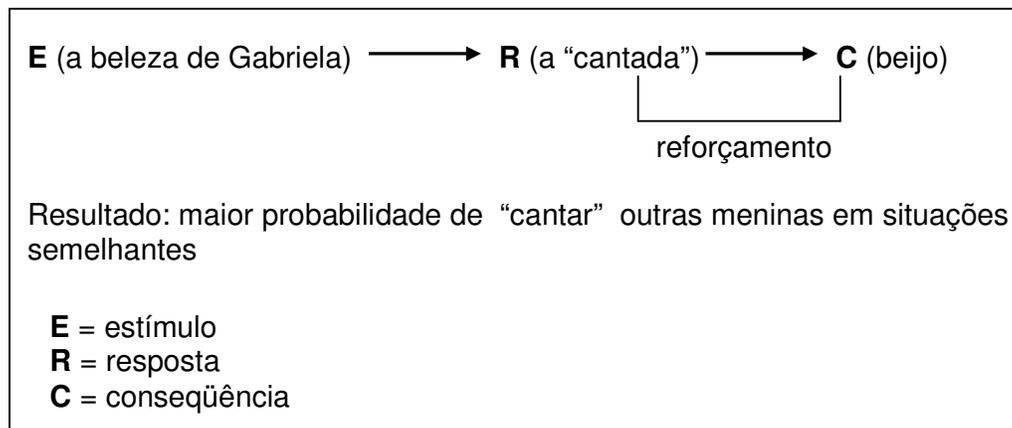


Figura 5 – Reforçamento positivo

Desta forma, o que sustenta a recorrência de um comportamento operante são os seus reforçadores. Se um professor fica atento aos fenômenos

que reforçam o ato voluntário do aluno de estudar, pode elaborar esquemas de reforço que induzam o aluno a um comportamento de aprendizagem sustentado.

Como nem sempre é possível ao professor reforçar cada um de seus alunos quando eles precisam, pode ser utilizado um esquema de **reforço intermitente**, pois com o seu uso os indivíduos trabalham de modo mais consistente do que sob **reforço contínuo**. Além disso, os comportamentos reforçados de forma intermitente tornam-se mais resistentes, levando mais tempo para serem extintos.

2.6.2 QUADROS EFETIVOS

Uma forma prática de solucionar o problema da incapacidade do professor atender a todos os alunos simultaneamente e de forma personalizada é criar programas que possam ser postos à disposição dos alunos para ensinarem partes dos conteúdos programáticos desejados. Isto elimina a necessidade do professor passar longos períodos de tempo preso a rotinas trabalhosas e não essenciais, incumbindo-se apenas de sanar dúvidas e fazer um apanhado geral do material ensinado.

A utilização de máquinas viabiliza a aplicação do **reforço** imediatamente após o aluno apresentar a resposta. A sua própria existência e a interação do aluno com o equipamento funcionam como eliciadores do comportamento operante. Segundo Skinner, “a própria máquina e seu funcionamento constituem, provavelmente, um **reforçador** eficiente” [SKI 1972]. Assim,

programas bem construídos, empregados através de máquinas adequadas, podem oferecer aos alunos oportunidades de aprendizado que excedam a realidade das salas de aulas convencionais.

Porém, a criação de quadros eficientes não é o bastante se a sua **eficácia** é apenas tolerável. Mesmo itens complexos e tecnicamente bem feitos sob o ponto de vista da análise do comportamento podem transmitir conteúdos indesejáveis. Por outro lado, não se pode aceitar a utilização de quadros que, a despeito de possuírem uma **eficiência** apenas razoável, consigam transmitir satisfatoriamente um conteúdo proposto. Sob este aspecto, para que um quadro seja considerado ótimo, é necessário que seja **eficiente e eficaz** ao mesmo tempo. A esta característica dá-se o nome de **efetividade** [CHI 1998].

A psicofísica envolvida na criação de **quadros efetivos** deve levar em consideração que os humanos, como a maioria dos animais, tende a classificar as situações ambientais pelas suas diferenças e similitudes, criando esquemas diferentes para diferentes grupos de problemas, e que um único estímulo pode estar na base do controle de seqüências comportamentais inteiras.

Uma característica fundamental do comportamento operante é que as respostas não podem ser reforçadas até que tenham ocorrido. No entanto, na hora em que o aluno começa a ser ensinado, quando está diante do quadro pela primeira vez, não se pode simplesmente esperar que ele aja de uma determinada maneira para, só então, poder reforçá-lo. Esta situação é o que se convencionou chamar de **Problema do Primeiro Exemplo**.

Markle [MAR 1969] sugere que o “problema do **primeiro exemplo**” deve ser resolvido através da **imprimação** (esclarecimento) do processo, usando um quadro prévio onde se disparam estímulos específicos para eliciar no estudante

o comportamento desejado. Esse estímulo pode ser mostrado através de imagens ou encenações, frases faladas ou algo escrito onde a **resposta** esteja discretamente **reproduzida** em alguma parte do **texto**. O ideal é que o aluno observe como é feito, e depois faça o resto por conta própria.

Todavia, este artifício **não garante** que o estudante vá estar apto a dar as respostas certas, nos momentos certos, pelas razões corretas. **Skinner** acredita que os passos iniciais devem ser dimensionados em tamanhos muito pequenos e altamente permeados de reforços, de forma a guiar o estudante, paulatinamente, na direção do comportamento desejado. O material deve ser o mais adequado e auto-explicativo possível, mas deve-se evitar o material fácil demais, pois os alunos não prestam atenção em algo, a menos que estejam preocupados com as conseqüências do seu trabalho.

Desta forma, o conjunto **programa-máquina-conteúdo** deve garantir um relacionamento com o estudante que deixe bastante claro o domínio ou conteúdo temático a ser aprendido; o que se quer saber do aluno; e, à vista de uma resposta, dizer quando ela está certa ou errada. O ideal é que a máquina continue insistindo em um assunto até que este tenha sido completamente entendido, para só então prosseguir. Mesmo assim, o tutor só deve apresentar ao aluno o material didático para o qual ele esteja preparado.

2.6.3 TAREFA DOS PROGRAMADORES DE CONTEÚDO

A principal tarefa dos programadores é desenvolver um material instrucional que previna a **atividade respondente** do aluno, uma quantidade **mínima de erros** e o conhecimento dos **resultados**. Skinner [SKI 1972] afirma que, **invariavelmente**, o aluno aprende o que o programa ensina, e considera o **erro** uma resposta que o programador **não espera** ou **não deseja** que o estudante faça. Por outro lado, afirma que erros acontecem, mas que através um bom planejamento e revisões criteriosas do material instrucional, os erros cometidos pelos estudantes podem ser mantidos em níveis mínimos.

Também o conhecimento imediato do resultado de cada avaliação, por parte do estudante, é fundamental para a manutenção do processo. É **obrigação** de o programador criar uma forma de **feedback** que possa orientar o estudante e assegurá-lo do grau de acerto de sua resposta. Conceitualmente falando, **feedback** é a resposta que o aluno obtém da máquina toda vez que interage com ela. No mínimo, deve-se fornecer a ele uma resposta que consiga guiá-lo até onde possa checar o seu desempenho.

Todavia, na apreciação de **Markle** [MAR 1969], “se considerarmos que cada quadro deve levar a uma resposta possível, o princípio da atividade respondente leva a um programa muito extenso”. Isso implica dizer que um sistema que tem por princípio a ocorrência mínima de erros tende a produzir programas consideravelmente longos.

“Tanto o projeto de um quadro quanto o posicionamento que ele recebe na seqüência de quadros determina se ele é um quadro apresentável ou não” [MAR 1969]. Nesta argumentação percebe-se a importância que deve ser dada

aos quadros na elaboração de um projeto que tencione ensinar algo efetivamente. **Markle** [MAR 1969] sugere que sejam inseridas **sugestões suplementares** no conteúdo dos quadros que favoreçam a discriminação da resposta certa por parte do aluno.

Neste contexto, define-se **sugestão** como uma dica ou pequena ajuda destinada a auxiliar o estudante na conclusão da resposta correta. É um estímulo extra que pode ser inserido no contexto, mas que não deve ser confundido com o estímulo apresentado na **imprimação**, pois não pode conter respostas, mas apenas **tornar mais fácil a compreensão do quadro** e auxiliar o aluno a chegar à resposta correta. Em outras palavras, não deve ser um estímulo suficientemente forte a ponto de eliciar a resposta ótima. Um quadro pode ter diversas sugestões complementares, mas de conteúdo individual insuficiente para eliciar o comportamento final desejado [MAR 1969].

2.6.4 SUGESTÕES FORMAIS E TEMÁTICAS

Markle [MAR 1969] classifica as **sugestões** em dois grandes grupos: **formais** e **temáticas** – ambas de extrema importância, e afirma que é fundamental ao programador saber como trabalhar a *forma* e o *tema* contido no material que vai compor os quadros.

Sugestões formais dizem respeito a tópicos que informam ao estudante sobre a **estrutura** de respostas aceitáveis, mas não do seu significado. Envolvem **características estruturais**. Procuram ajudar o estudante a

selecionar formas corretas de respostas em meio aos estímulos presentes no quadro. Em outras palavras, trata da sintaxe e não da semântica das respostas.

Por outro lado, *sugestões temáticas* dizem respeito ao **significado** das coisas. São **insinuações** muito sutis sobre o significado da resposta, e procuram pôr o estudante a par dos relacionamentos. Assim, tentam ajudá-lo a discernir categorias e grupos em meio aos estímulos apresentados. Em outras palavras, auxiliam o estudante a emitir respostas relevantes para o contexto apresentado.

Para que um quadro possa ser considerado satisfatório, deve conter, **pelo menos**, alguns indicadores formais e temáticos que o auxiliem estudante a responder à questão que o programador tem em mente. Entretanto, não devem ser suficientes para eliciar a resposta. O comportamento deve estar relacionado ao conjunto como um todo, e não a parte dele. Skinner diz que:

“reforçadores suplementares não sacrificarão as vantagens advindas do reforço imediato e da possibilidade de construir uma série ideal de passos que abordem da maneira mais eficiente o repertório complexo do comportamento estudado.” [SKI 1972].

2.6.5 ESTIMULAÇÃO E COMUNICAÇÃO COM O ALUNO

O principal objetivo a ser atingido com a utilização da modelagem comportamental no processo de ensino-aprendizagem é colocar um repertório inteiro de respostas sob o controle de determinados estímulos; é chegar ao

controle de combinações complexas de respostas seriadas necessárias à resolução de problemas. O ideal é que o aluno possa compor, ele mesmo, a resposta desejada, mas isso inviabiliza o processo mecanizado. Todavia, a despeito dessa eventualidade, existem várias outras formas de se conseguir eliciar este comportamento complexo em um indivíduo. Contingências trabalhadas através da Instrução Programada requerem uma estrutura de trabalho onde não é permitido ao estudante construir respostas com suas próprias palavras. Assim, a maioria dos itens requer respostas baseadas em um mecanismo de múltipla escolha, utilizando estímulos formais, o que significa, em outras palavras, que a **forma** da resposta deve ser **imposta** ao aluno.

Muito embora não seja o único, até certo ponto o sistema de múltipla escolha comporta-se como um bom mecanismo de estruturação de respostas, quando o objetivo é o esclarecimento de **conceitos**, múltiplas **causas** e múltiplos **efeitos** [MAR 1969]. Porém, é importante salientar a necessidade de que além da resposta ideal desejada, o quadro apresente **respostas errôneas plausíveis**. A única exigência é que a **forma** e a **temática** dessas respostas estejam em desacordo com o comportamento desejado, para que o aluno perceba que elas estão, de alguma forma, “*fora de lugar*” no contexto do quadro. É sempre bom evidenciar o deslocamento das alternativas erradas, pois “a possibilidade de respostas erradas fortalece formas indesejáveis de comportamento” [SKI 1972].

2.6.6 ESTÍMULOS VISUAIS SÃO ACESSÓRIOS IMPORTANTES

Identificar elementos capazes de servir como estímulos atrativos e suplementares é uma tarefa um tanto quanto difícil para os programadores. Muitas vezes, não é possível saber quando parar. Se houver exagero ou lacunas, o quadro poderá adquirir contornos de objetividade duvidosa.

Durante muito tempo, os programadores utilizaram textos em demasia na construção dos itens, pouco se valendo dos recursos visuais. **Gráficos, figuras e diagramas** possuem um apelo chamativo muito forte sobre a maioria dos estudantes e todo programa instrucional que queira atingir seus objetivos com mais eficiência e segurança tem a obrigação de conter estímulos visuais suplementares.

O papel desses estímulos deve ser o de auxiliar o estudante a chegar a uma conclusão sobre a **forma** e o **tema** do material estudado, mas nunca o de fornecer respostas ou desviar sua atenção. Quanto mais os quadros se aproximam da estrutura adotada nos jogos interativos, mais o estudante progride e se sente motivado a continuar. Isto implica dizer que esses estímulos devem ser capazes de contribuir para que, dentro de um largo repertório de comportamentos possíveis, o estudante apresente aquele que é o ideal desejado.

Ao selecionar estímulos visuais para atuarem na condição de auxiliares, é importante avaliar a sua influência sobre o comportamento dos estudantes. **Markle** sugere que este tipo de estímulo pode influenciar os comportamentos atuando de duas formas diferentes: uma lógica e a outra psicológica, e que esses dois tipos de *força* não necessariamente se sobrepõem [MAR 1969].

Assim, saber diferenciá-las pode ser determinante na hora de compor quadros efetivos. Um estímulo **logicamente fraco** só pode influenciar a ocorrência de um número limitado de respostas. Por outro lado, mesmo um estímulo **logicamente forte** pode não ser suficiente para se obter o resultado previsto se, por implicações psicológicas, o aluno responder de maneira ilógica. Isto tende a acontecer quando, por exemplo, contingências culturais estão influenciando o processo e o programador não se dá conta disso.

2.6.7 TOPOLOGIA DE CONCEITOS E COMUNICAÇÃO

Geralmente, os alunos conseguem aprender idéias avançadas com mais facilidade se tiverem uma prévia e clara compreensão de conceitos e regras básicas necessárias ao seu pleno entendimento. Assim, durante a fase de desenvolvimento dos conteúdos, convém arranjar a sua disposição ao longo do curso de forma que os argumentos mais gerais precedam os mais específicos, funcionando como pré-requisitos. Este arranjo deve ser o resultado do acordo entre professores, psicólogos e profissionais detentores de conhecimentos notórios do conteúdo temático a ser ensinado.

O papel dos profissionais da Educação, neste processo, é o de definir as melhores táticas pedagógicas a serem empregadas para atrair a atenção do aluno e mantê-lo interessado nas aulas. Por outro lado, o domínio a ser ministrado pode extrapolar seu conhecimento, o que exige a presença de outros profissionais mais especializados. A junção dessas competências tende a

produzir mecanismos sinérgicos, potencializando a eficiência do projeto. Além disso, o que for produzido deve ser passado ao programador para que as regras de negócio sejam modeladas e codificadas. Para cada conceito deve ser elaborado um conjunto de materiais que servirão de inspiração ao programador para elaborar os quadros. Pode ser um artigo, gráfico, carta, apresentação ou questionário. O importante é que a parte pedagógica e conceitual seja preparada previamente para que o programador não cometa erros.

Baseado nos pré-requisitos dos conceitos e na avaliação psicológica dos alunos, o tutor inteligente deve ser capaz de inferir os passos que deverão ser tomados no processo de instrução. A Figura 6 exemplifica um relacionamento de pré-requisitos conceituais entre as lições 1 a 7 de um suposto plano de curso:

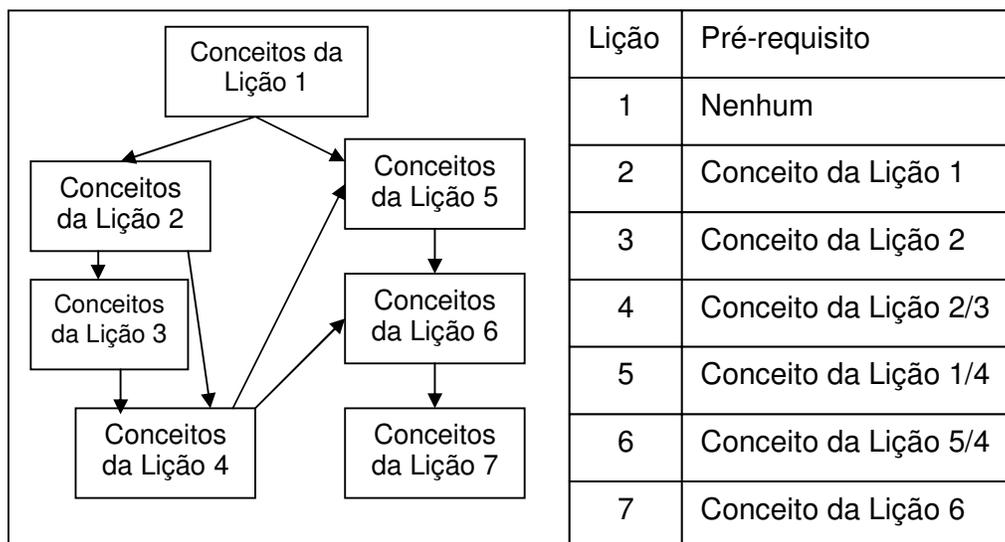


Figura 6 – Relacionamento de pré-requisitos conceituais

O material passado ao programador deve ser acompanhado de uma descrição pormenorizada da unidade do curso ao qual se destina; dos conceitos

que serão ministrados; da relação de pré-requisitos conceituais; da taxonomia das lições envolvidas; e, dos testes relacionados ao conteúdo.

A identificação das informações didaticamente mais relevantes é fundamental para que o programador elabore quadros efetivos, limitando os eventuais erros em níveis aceitáveis. **O enriquecimento do conteúdo não necessariamente quer dizer sofisticação exagerada da linguagem.** Ao invés disso, os engenheiros de conteúdo devem ater-se à realidade das vidas dos possíveis usuários do tutor, visto que uma simples palavra pode atrapalhar o processo e reter o aluno em um trecho de pouca importância do curso devido a limitações de vocabulário.

Desta forma, deve-se utilizar uma linguagem didática e motivadora, oferecendo informações em quantidades atomizadas, mas consistentes, acompanhadas de elementos enriquecedores da aprendizagem, como figuras, sons, imagens e exemplos, sempre que isto for possível.

2.7 CONCLUSÃO

Desde a Antiguidade, os educadores têm chamando a atenção para a necessidade de adequação dos mecanismos de ensino, o máximo possível, às necessidades ou preferências individuais dos alunos. Mas na impossibilidade dos professores dispensarem atendimento suficientemente individualizado e exclusivo, a utilização de mecanismos cibernéticos auxiliares pode oferecer uma alternativa viável para o ensino personalizado em larga escala.

Durante o Século XX, com o advento das máquinas de ensinar e da Instrução Programada torna-se possível aos cientistas manipular as variáveis envolvidas nos processos de aprendizagem. Assim, o esquema aristotélico do orador, discurso e ouvinte passa a ser analisado sob um ponto de vista mais crítico. Com o surgimento dos computadores e da Inteligência Artificial abre-se um enorme leque de possibilidades aos educadores, que agora podem ministrar cursos e treinamentos a distância com maior alcance e eficiência. No entanto, isso só se torna viável com a compreensão de como se processa a aprendizagem em humanos.

A correta modelagem de regras de negócio envolvidas no desenvolvimento de Sistemas Tutores Inteligentes permite a elaboração de conteúdos consistentes, e baseia-se na premissa de que a aprendizagem humana se dá, basicamente, através de comportamentos operantes, e que para melhor ensinar é necessário criar uma modelagem progressiva do comportamento, considerando a capacidade humana para discriminar, generalizar, formar cadeias e elaborar conceitos. É a sinergia desses fatores que concorre para o sucesso na elaboração de quadros ou itens simultaneamente eficientes e eficazes.

Desta forma, neste capítulo foram apresentadas argumentações teóricas que ajudam a compreender o papel da Pedagogia, Psicologia e Ciência da Computação no desenvolvimento de conteúdos, táticas pedagógicas e codificação de regras de negócio para Sistemas Tutores Inteligentes baseados em Redes Neurais Artificiais (RNA's). Nos próximos capítulos será esclarecido o papel das RNA's na identificação do perfil dos usuários e os mecanismos que permitem a sua reutilização sem a necessidade de novos treinamentos.

Capítulo 3

Sistemas Tutores Inteligentes

“O projeto de uma rede neural é motivado pela analogia com o cérebro, que é uma prova viva de que o processamento paralelo tolerante a falhas é não somente possível fisicamente, mas também rápido e poderoso”.

Simon Haykin.

3.1 INTRODUÇÃO

O trabalho com Redes Neurais Artificiais (RNA's) começa a ser desenvolvido a partir dos primeiros projetos de neurônios artificiais, datados da década de 1940. A proposta de **McCulloch** e **Pitts** permite, mais tarde, a construção e modelagem de RNA's capazes de aprender sobre os mais variados conteúdos temáticos. Suas maiores potencialidades residem na capacidade de aprender padrões relativos ao mundo real, além de estudar e interpretar informações a partir de sensores específicos. O termo Inteligência Artificial (IA) foi proposto pela primeira vez durante um seminário realizado na **Dartmouth College**, em 1956, para agrupar e classificar estudos computacionais relacionados à teoria de automação, redes neurais e estudos da inteligência [MIT 1997].

A principal finalidade buscada com a utilização da IA é o desenvolvimento de paradigmas ou algoritmos que possibilitem às máquinas realizar operações de caráter cognitivo. Um sistema dotado de IA deve ser capaz de realizar três tarefas: armazenar conhecimentos; aplicar conhecimentos armazenados à resolução de problemas; e, adquirir novos conhecimentos através da experiência [HAY 2001].

Neste capítulo é apresentado um resumo teórico dos principais paradigmas conhecidos sobre Inteligência Artificial, que são a abordagem **simbólica** e a **conexionista**, até chegar ao objetivo principal de falar da adaptabilidade em redes neurais artificiais proposta por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] e sua capacidade para abstrair padrões e ensinar conteúdos diversos sem a necessidade de novos treinamentos.

3.2 ABORDAGEM TRADICIONAL

Sistemas Inteligentes baseados na concepção de Inteligência Artificial Simbólica são sistemas computacionais alimentados com representações abstratas da realidade, que utilizam a manipulação explícita de símbolos e regras em uma estrutura de decisões lineares. Esses modelos sugerem que um sistema simbólico físico possui os meios suficientes para exibir inteligência de uma forma geral, e considera que a atividade mental cognitiva nada mais é do que a manipulação de símbolos e a aplicação de regras. Com base nessas

premissas, usa uma linguagem simbólica estruturada para representar tanto domínios quanto os conhecimentos necessários à resolução de problemas [HAY 2001].

Este processamento seqüencial de representações simbólicas assemelha-se muito à programação utilizada em softwares convencionais, mas a manipulação dos símbolos busca a sua combinação e recombinação com base em regras adotadas na modelagem, e considera primordialmente a sua forma e não o seu significado. Alguns símbolos são simples ou primitivos; outros podem ser cadeias de símbolos compostos, e todo o sistema e suas partes são semanticamente interpretáveis. Assim, os símbolos possuem as seguintes características:

- a) Representam ou referem-se a objetos ou conceitos do mundo real, sendo esta representação sujeita à interpretação de um ser humano;
- b) São arbitrários, significando que não há qualquer relação causal entre o símbolo e seu referente, sendo passíveis de representar qualquer conceito no mundo; e,
- c) São discretos, no sentido de não existir entre um e outro símbolo qualquer relação de continuidade que possa ser semanticamente explorada.

Assim, os sistemas simbólicos funcionam como verdadeiros processadores de símbolos, em que tanto a entrada quanto a saída são compostas de símbolos. A Figura 7 ilustra este processo.

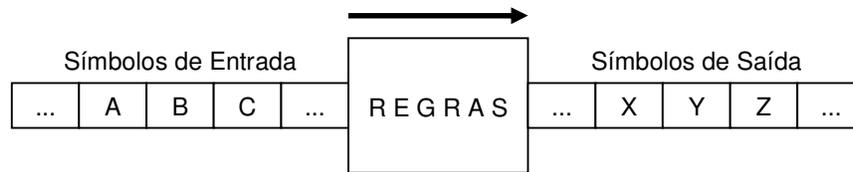


Figura 7 – Sistema simbólico

Resguardadas as restrições de uso deste tipo de aplicação às finalidades às quais melhor se aplica, a IA Simbólica tem a oferecer um rico conjunto de técnicas muito bem definidas de representação do conhecimento, das quais se podem citar a lógica formal, quadros, redes semânticas, scripts, e o uso de regras explícitas. Além disso, é importante enfatizar que em princípio todas elas são intercambiáveis. Isto significa que dependendo da necessidade, uma representação simbólica pode fazer o mesmo que qualquer outra, e substituí-la se isto for necessário.

3.3 ABORDAGEM CONEXIONISTA

Nos sistemas de computação inteligente, diferentemente da computação convencional, são criados mecanismos que permitem encontrar soluções para eventos novos ou que não tenham sido previstos pelo programador. Os estudos das Redes Neurais Artificiais inspiram-se, em parte, no fato da aprendizagem na maior parte dos animais ser baseada em complexos sistemas de neurônios alimentados com uma carga de conhecimento filogenético, mas que se desenvolve fundamentalmente através da aprendizagem ontogenética.

Um neurônio nada mais é do que uma célula cuja principal função é coletar, processar e disseminar sinais elétricos através do Sistema Nervoso. Mesmo criaturas estruturalmente simples - como algumas espécies de moluscos -, possuem verdadeiras cadeias neuronais envolvidas em seus processos de aprendizagem. No conjunto das redes neurais, cada neurônio funciona como um **nó** ou **unidade** de processamento independente que se conecta aos demais sinergicamente para produzir um trabalho mais eficiente [HAY 2001] [MIT 1997] [RUS 2003].

Em 1958, **Frank Rosenblatt** [ROS 1958] apresentou um modelo de **RNA** denominado **perceptron**, especializado em classificar padrões. Posteriormente, **Minsky e Papert** [M&P 1969] demonstraram a fragilidade desta estrutura, evidenciando sua incapacidade para trabalhar com problemas complexos e classes linearmente separáveis. Pesquisando neurônios e redes neurais artificiais, **Rumelhart**, em 1986, desenvolve um algoritmo de **retropropagação** (do Inglês, back-propagation) que permite o treinamento de redes neurais com múltiplas camadas, eliminando as limitações do antigo perceptron e estimulando a retomada de pesquisas com RNA's por parte de outros cientistas [RUS 2003].

Redes Neurais Artificiais (RNA's) são funções não-lineares complexas com vários parâmetros. A forma pela qual os neurônios de uma RNA são estruturados está diretamente ligada ao algoritmo de aprendizagem utilizado para treiná-la. As RNA's mais simples possuem uma organização em que os dados fluem dos **nós** da camada de entrada de dados, projetando-se diretamente sobre as **unidades** da camada de saída, mas não vice-versa. À esta estrutura convencionou-se chamar de rede neural de **camada única**, ou

rede **perceptron**. Este nome deriva do fato de existir apenas uma camada de saída, já que a camada de entrada não é considerada nesta classificação por não realizar nenhuma computação de dados. Assim, sua forma de alimentação de dados é feita **para diante**, ou de forma **acíclica**, e não existem camadas neuronais ocultas (Figura 8).

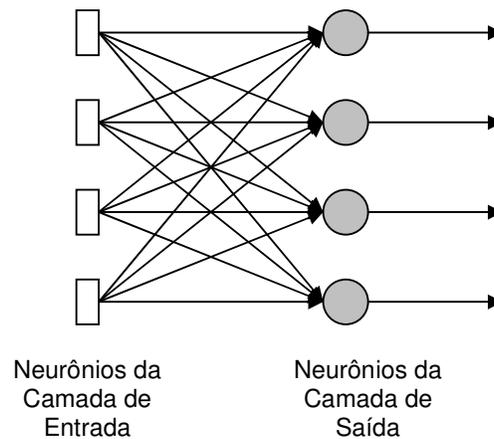


Figura 8 – Rede acíclica com uma única camada (perceptron)

O método de aprendizagem utilizado nas redes perceptron baseia-se na determinação de um vetor de pesos que a leva a produzir um valor (± 1) como resposta a cada treinamento que lhe é dado. Existem diversos algoritmos conhecidos que podem ser utilizados para solucionar este problema de aprendizagem, mas uma forma prática de aprender um vetor de pesos é iniciar o processo com pesos randômicos, e então aplicar o perceptron a cada exemplo de treinamento, de forma iterativa, modificando os pesos do perceptron toda vez que ele erra em alguma classificação. Este processo deve

ser repetido tantas vezes quantas forem necessárias, até que o perceptron consiga classificar corretamente todos os exemplos [MIT 1997].

O problema envolvendo este tipo de estrutura é que - conforme foi qualificado por Minsky e Papert - ela é limitada e ineficiente, visto só poder trabalhar com um número finito de aplicações e não poder ser utilizada em exemplos que não sejam linearmente separados. Há outros tipos de regras de treinamento que podem ser utilizados em perceptrons, mas isto não é suficiente para permitir grandes avanços em sua eficácia.

O algoritmo de **retropropagação**, por sua vez, é capaz de ensinar redes de múltiplas camadas de neurônios a expressar uma rica variedade de decisões não-lineares. Ele se tornou o algoritmo mais popular para o treinamento supervisionado de perceptrons de múltiplas camadas, e trabalha na tentativa de minimizar o erro quadrático entre os valores de saída observados na rede e os realmente esperados.

As RNA's conexionistas realizam computação local, significando que cada neurônio só pode ser influenciado por aqueles que mantêm contato direto com ele e, da mesma forma, ele também só pode influenciar aqueles a quem ele toca. Esta característica impede a degradação abrupta do desempenho da rede em caso de erro nos componentes físicos, favorecendo um projeto de rede mais resistente a falhas e abrindo espaço para a utilização de arquiteturas paralelas como um método eficiente de implementação de redes. Neste contexto, o papel dos neurônios das camadas ocultas é primordial para a detecção de padrões (Figura 9).

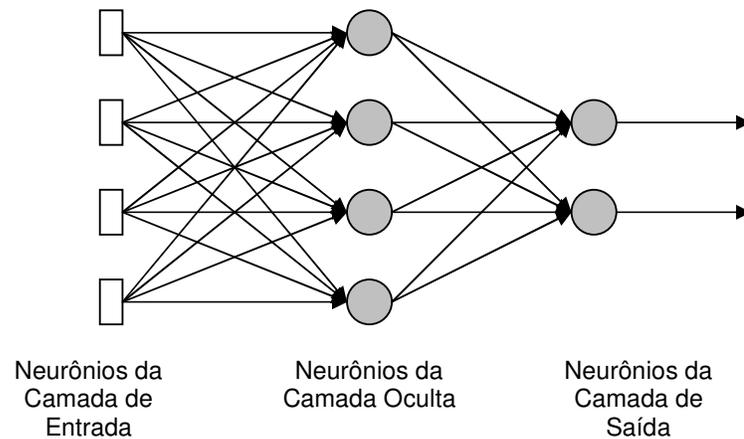


Figura 9 – Rede acíclica com uma camada oculta e outra de saída

Assim, os modelos conexionistas representam o conhecimento de uma maneira diferente dos modelos simbólicos. Enquanto estes trabalham de forma bem definida, através de símbolos arbitrários regulados por regras explícitas, os conexionistas atuam prevendo uma relativa imprecisão do meio-ambiente. O grande diferencial é que os conexionistas são capacitados para aprender através da experiência, aquilo que não lhes foi ensinado pelo programador. Mas, em ambos os casos, uma boa solução depende sempre de uma boa representação do conhecimento.

3.4 MODELO MARTINS-MELO-MEIRELES

Martins [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] desenvolveram seu projeto aperfeiçoando as pesquisas de **Alencar** [2000] e **Martins & Carvalho** [M&C 2003]. Em sua pesquisa, optam pela utilização de

regras de especialistas e **RNA's**, considerando sua capacidade para extrair padrões comportamentais e modelar a organização topológica do conhecimento a partir de treinamentos, como este se processa na psique do estudante, diminuindo consideravelmente as discrepâncias entre a realidade e o modelo. Esta estrutura híbrida visa aumentar as potencialidades do sistema na determinação do perfil do usuário.

Alencar [ALE 2000] havia demonstrado a capacidade das **RNA's** extraírem padrões comportamentais utilizando sessões de treinamento, sugerindo sua utilização como regra de navegação para sistemas tutores. **Carvalho** [CAR 2002] inovou este modelo analisando e aplicando os resultados em uma estrutura de sistemas tutores conexionistas. Agindo assim, operacionaliza esta argumentação em um sistema com grande número de redes neurais artificiais e estrutura o conteúdo dos domínios em contextos, classificando-os em níveis de complexidade. Realiza coletas de dados através de sessões de navegação livre e depois seleciona os melhores resultados para treinar **uma rede neural específica para cada nível de contexto**. Seu objetivo é modelar regras de navegação para tutores de navegação guiada [MEI 2003] [MEL 2003].

Por definição, sistemas tutores com **modelo de navegação livre** são aqueles em que o estudante pode determinar a velocidade do aprendizado e a direção a ser tomada após responder às perguntas relativas a cada tópico. A Figura 10¹ exhibe esta estrutura. O aluno pode, por exemplo, decidir continuar no mesmo contexto, navegando através de níveis ainda não visitados, ou partir para outro assunto, se isto lhe for conveniente. Esta liberdade de ação,

¹ Retirada de **Melo & Meireles** [MEI 2003] [MEL 2003].

executada por muitos alunos, consegue gerar uma massa de dados considerável, capaz de evidenciar os padrões comportamentais de navegação mais freqüentes, possibilitando sua utilização no treinamento de **RNA's**.

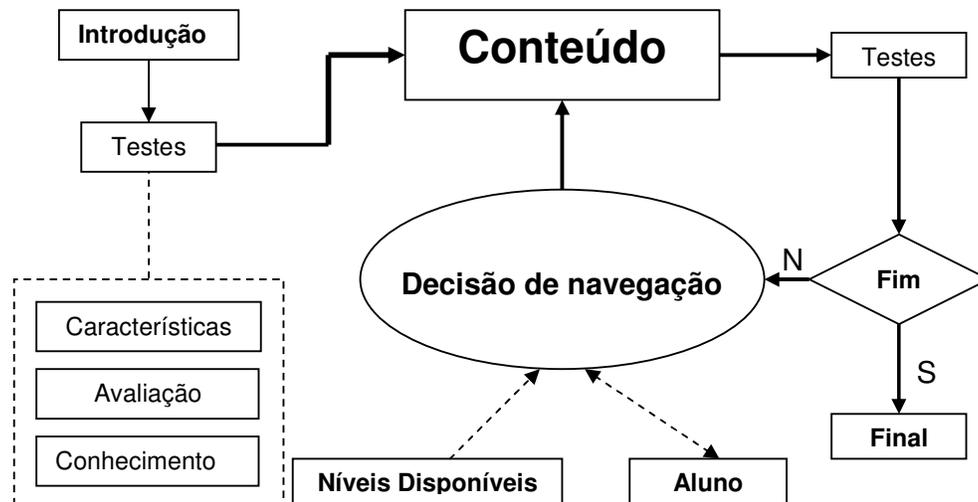


Figura 10 – Estrutura de tutor com navegação livre

Os padrões selecionados, por sua vez, podem ser utilizados em sistemas tutores que utilizam **modelo de navegação guiada (inteligentes)**. Neste caso, a **RNA** passa a decidir o que apresentar ao estudante e em que seqüência isto deve ser feito. A Figura 11² apresenta os passos dados neste modelo de navegação.

² Retirada de **Melo & Meireles** [MEI 2003] [MEL 2003].

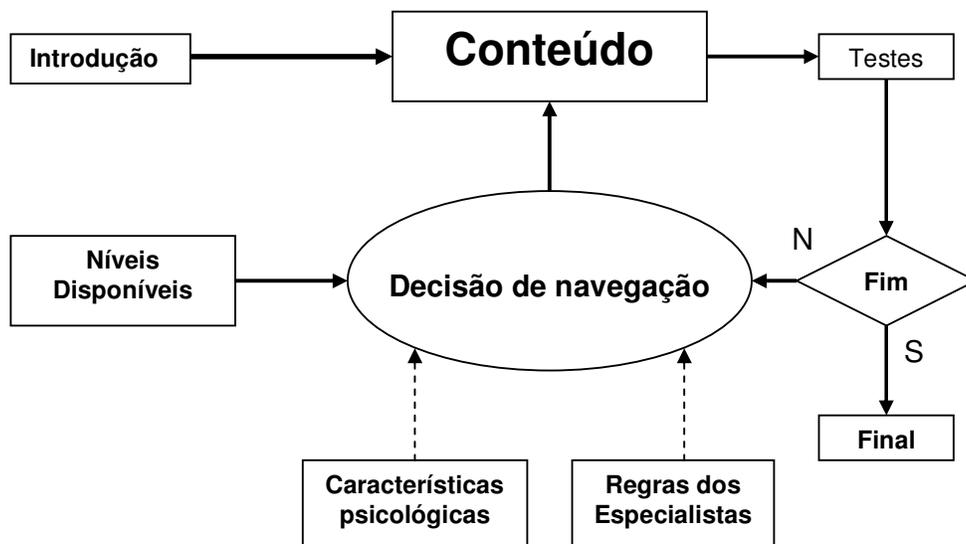


Figura 11 – Estrutura de tutor com navegação guiada

A arquitetura da **RNA** utilizada por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] difere de **Alencar** [ALE 2000] e **Martins & Carvalho** [M&C 2003], basicamente, por utilizar apenas **uma rede** para administrar o tutor inteiro. Como se observa na Figura 12, a **RNA** é mais abrangente e genérica, coletando informações de três fontes principais: **características pessoais**, **habilidades computacionais** e **conhecimento do domínio**. Essas entradas são ponderadas e combinadas em segundo plano através de uma rede **perceptron** [HAY 2001] de múltiplas camadas (**MLP**) para determinar o **padrão** comportamental do aluno, antes do início das aulas.

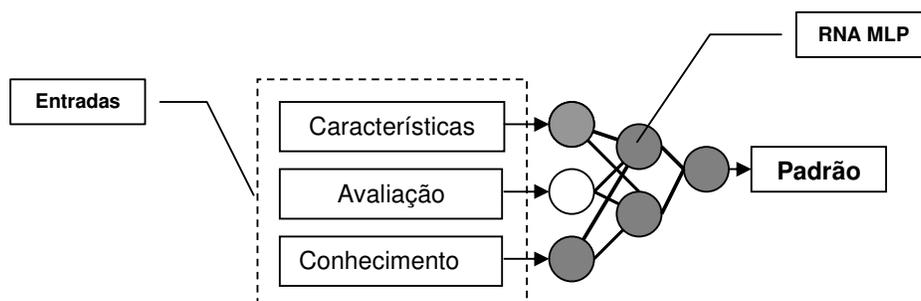


Figura 12 – Arquitetura proposta por Melo & Meireles

O teste de **conhecimento** refere-se ao envolvimento prático do usuário com o mundo da computação. Sua importância reside em poder diagnosticar as habilidades computacionais dos sujeitos, ao mesmo tempo em que levanta dados demográficos. As respostas – algumas delas compostas - geram sete entradas utilizadas pela **RNA** para compor o perfil do aluno.

O Quadro 1 apresenta as perguntas do questionário de conhecimentos computacionais. As questões compostas têm os seus resultados somados e normalizados, variando em uma faixa de zero a dez, onde zero representa o valor mínimo, e dez o valor máximo possível de ser obtido. Em todas as questões, os itens de resposta recebem uma gradação que varia da alternativa menos representativa até a mais representativa.

Quadro 1 - Questionário de Habilidades Computacionais

Questão	Variável
Normalmente, por quanto tempo você utiliza computadores?	1
Como é sua habilidade na utilização do teclado?	
Com qual item você trabalha melhor?	
No geral, como você se classifica em relação ao uso dos computadores?	
Como é seu nível de utilização do Windows?	2
Como é seu nível de utilização do Linux?	
Como é seu nível de utilização de editores de texto, tais como Word e similares?	
Como é seu nível de utilização de planilhas eletrônicas, tais como Excel e similares?	
Como é seu nível de utilização de editores de apresentação, tais como Powerpoint e similares?	
Como é seu nível de utilização de Sistemas Gerenciadores de Bancos de Dados, tais como Access e similares?	1
Como é seu nível de utilização de editores gráficos, tais como CorelDraw, Photoshop e similares?	
Você utiliza e-mail?	1
Qual é sua faixa etária?	3
Qual seu grau de instrução?	4
Quanto tempo você se dedica à leitura/estudo por semana?	5
Qual seu estado civil?	6
Qual seu sexo?	7

As informações retiradas da **avaliação inicial** referem-se ao conhecimento do aluno sobre o domínio ensinado, e são utilizadas tanto para ajudar a compor o perfil do usuário quanto para efetuar comparações com as respostas obtidas no teste final. Servem para demonstrar se ocorre ou não retenção de conhecimento (aprendizagem) após o tutor haver ministrado as aulas.

Para determinar o perfil dos usuários a partir de suas **características** pessoais, são utilizados dois tipos de questionários, estruturados para captar, por um lado, os **estilos de aprendizagem** (Anexo 1) de um determinado grupo de indivíduos; e, por outro, as **preferências individuais** (Anexo 2) do segundo grupo. Ambas as características servem de subsídio para o tutor ao determinar o padrão comportamental do sujeito, conforme o caso.

Após o aluno responder aos questionários, as entradas são processadas pela **RNA** e o resultado é comparado aos padrões armazenados na base de dados do tutor (regras de especialistas), com o objetivo de determinar qual das técnicas de ensino-aprendizagem previamente modeladas melhor se relaciona ao seu perfil. Esta capacidade de abstrair a forma como o aluno se concentra, processa e retém informações, atribuí ao tutor inteligente desenvolvido por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] uma característica de **tutoria personalizada**. Isto acontece por que toda a navegação do tutor passa a ser influenciada por estas informações, de modo a fazer com que o aluno sinta que o sistema foi feito pensando nele.

A arquitetura dos Sistemas Tutores Inteligentes (guiados) é a mesma dos tutores livres. O que os diferencia e torna o tutor inteligente um sistema personalizado são os perfis de navegação resultantes da definição de **padrões**

comportamentais, **respostas** a questionários e **regras** de negócio pedagógicas.

Em uma navegação livre, o item **respostas** deste tripé de entradas pode ser eventualmente mal utilizado pelos alunos. Sua função é fornecer uma série de testes ao longo do curso – um para cada nível de contexto exibido. Considerando-se as regras estabelecidas na apresentação inicial, o aluno deve responder corretamente às perguntas, se souber a resposta. Todavia, o que ocorre, às vezes, por um motivo qualquer, é que mesmo sabendo a resposta certa a um questionamento apresentado em nível mais avançado, o aluno decide investigar, por exemplo, o nível facilitado. A Figura 13³ representa bem os procedimentos coerentes e o considerado incoerente. No sistema guiado (inteligente) isto não é possível, já que a própria **RNA** se incumbe de prevenir o problema.

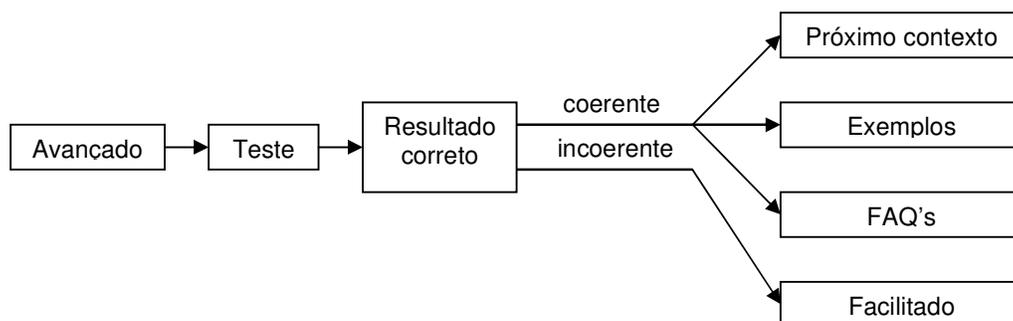


Figura 13 – Representação de incoerências

Martins [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] utilizam o modelo de navegação guiada e resolvem manter as avaliações seqüenciais objetivas em cada nível de cada contexto. No entanto, os testes foram

³ Retirada de **Melo & Meireles** [MEI 2003] [MEL 2003].

elaborados utilizando respostas com diferentes graus de acerto. Esta forma de avaliação, além de prever se o aluno aprendeu tudo ou não aprendeu nada, consegue captar uma eventual retenção parcial de conhecimento (aprendizado parcial).

A Figura 14 exemplifica esta situação: ao ser perguntado “Quem descobriu o Brasil?”, a opção “a” está totalmente errada; a opção “b” está totalmente certa; a opção “c” está parcialmente certa, pois Pero Vaz de Caminha participou da viagem de descoberta do Brasil, mas como escrivão da esquadra, e não como comandante; e, com a opção “d” o aluno admite seu desconhecimento total do assunto.

<p>Quem descobriu o Brasil?</p> <ul style="list-style-type: none">a) Cristóvão Colombob) Pedro Álvares Cabralc) Pero Vaz de Caminhad) Não sei

Figura 14 - Exemplo de questão com diferentes graus de acerto.

3.4.1 CARACTERÍSTICAS PESSOAIS

O grande diferencial dos Sistemas Tutores Inteligentes é sua capacidade em traçar o perfil dos usuários e decidir o que apresentar ao estudante e planejar quando isto vai acontecer - de acordo com as características pessoais dos indivíduos. **Preferências de aprendizagem** são medidas que caracterizam

o estilo de aprendizagem do sujeito; **preferências individuais** dizem respeito ao seu tipo psicológico. As regras de negócios utilizadas por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2004] e **Meireles** [MEI 2004] para discriminar tais características estrutura-se com base no trabalho de psicólogos e estudiosos do comportamento. O objetivo é identificar como os alunos melhor percebem uma nova informação, concentram-se sobre ela, processam os dados e retêm o conhecimento. Sua importância reside no fato de que características biológicas diversas podem tornar determinadas técnicas de ensino-aprendizagem altamente eficazes para alguns alunos, mas não tanto para outros.

3.4.1.1 Preferências de Aprendizagem

Quando as pessoas se deparam com novos conhecimentos, ocorrem dois fenômenos diferentes, mas complementares: **percepção** e **processamento**. O primeiro conceito diz respeito à forma como os alunos percebem o meio-ambiente e as informações que dele provêm; o segundo refere-se a como esta informação é tratada. Se o estímulo for relevante, então será classificado hierarquicamente e armazenado; se não, será descartado. O conjunto destes fenômenos resulta no que se convencionou chamar de **aprendizagem**.

David Kolb [KOL 1984] apresenta um trabalho sobre dimensões estruturais do processo de ensino-aprendizagem no qual afirma que as pessoas possuem **preferências** particulares por diferentes **estilos de aprendizagem**

que devem ser consideradas na hora de planejar as técnicas de ensino. Para alunos que possuem intelecto superior, a utilização de preferências não representa um fator determinante no processo; mas para aqueles não superdotados, estes fatores podem ser fortemente capitalizados em proveito de sua aprendizagem.

A maneira como ocorre a percepção varia de pessoa para pessoa, mas pode-se dizer que elas **percebem** o mundo de duas formas principais: **órgãos dos sentidos (experiências sensoriais)** e **conceitualizações abstratas**. Por outro lado, os indivíduos também **processam** o conhecimento através de duas maneiras: **reflexivamente** (utilizando deduções lógicas); ou, atuando sobre o meio, **experimentando** ativamente o fenômeno e tornando-se parte do processo para facilitar o aprendizado.

Ao primeiro modelo de tratamento dá-se o nome de **reflexivo**, pois o estudante analisa os fatos utilizando deduções. Ao segundo, convencionou-se chamar de **experimentação ativa**, por ser necessário que o aluno se envolva e participe do fenômeno para melhor compreendê-lo.

As duas formas de **percepção** podem combinar-se livremente com as duas de **processamento**, dando origem a quatro tipos ou estilos de aprendizagem:

- Percepção **sensorial** com processamento **reflexivo**;
- Percepção **sensorial** com **experimentação ativa**;
- Percepção **abstrata** com processamento **reflexivo**; e,
- Percepção **abstrata** com **experimentação ativa**.

A Figura 15 exemplifica melhor essa estrutura.

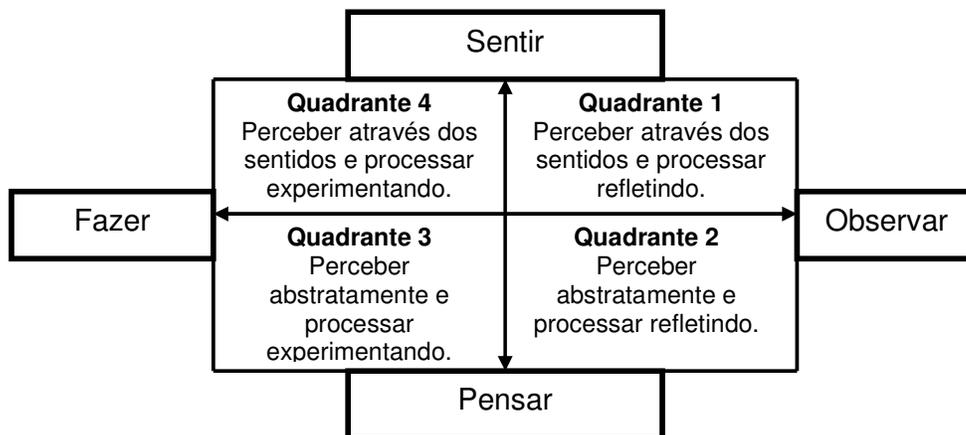


Figura 15 – Atividades de aprendizagem

Observa-se que algumas pessoas, ao entrarem em contato com novos fenômenos e conhecimentos, tendem perceber a situação através de **mecanismos** puramente **sensoriais**. Todavia, o **processamento** desta informação pode se dar de duas formas diferentes: alguns indivíduos preferem ficar simplesmente observando as coisas acontecerem, sem se envolver, e mesmo assim conseguem captar informações e reter conhecimento (Quadrante 1), enquanto outros sentem uma forte necessidade de se relacionar ativamente do fenômeno para conseguir aprender alguma coisa, quase como se fizesse parte do problema (Quadrante 4). Um exemplo disso são as pessoas que só conseguem aprender uma lição escrevendo tudo o que lêem ou repetindo suas lições em voz alta.

Existem, ainda, pessoas que conseguem perceber os fenômenos e captar suas nuances apenas raciocinando, sem **necessariamente** ter que

utilizar seus órgãos dos sentidos. Isto pode ser comprovado, só para ilustração, observando-se pessoas portadoras de limitações sensoriais, mas que mesmo assim conseguem aprender. Por outro lado, os componentes deste grupo também podem processar os dados através de reflexões (Quadrante 2) – um exemplo claro é o trabalho desenvolvido por físicos, filósofos, cientistas políticos e sociais que conseguem analisar fenômenos e antecipar variações de cenários utilizando apenas o raciocínio e a reflexão. Estas pessoas, especificamente, possuem um grau tão elevado de abstração que conseguem apreender conhecimentos quase sem nenhum auxílio externo. Já os que percebem observando, mas processam as informações **experimentando**, são pessoas que necessitam de uma confirmação física dos fatos para melhor assimilar o conhecimento.

Dissecando estes processos, **Kolb** [KOL 1984] afirma que nos processos de **experiência concreta** o aluno só consegue aprender utilizando os sentidos e se envolvendo com os fenômenos, pois necessita **indispensavelmente** dos sentidos e da experiência pessoal para aprender. É diametralmente oposto aos que trabalham utilizando **conceitualização abstrata**, devido ao fato destes últimos possuírem capacidade e preferência por estudar utilizando planejamento, conceitos, teorias e idéias, não necessitando de estímulos sensoriais ou contato mais extenso com os fenômenos para deles aprender. As pessoas envolvidas nestas duas variantes são as que utilizam a combinação mais extrema dos recursos, pois um é todo sensorial e material, enquanto o outro é completamente reflexivo e abstrato.

A **observação reflexiva**, por sua vez, possui uma postura altamente positivista, onde o aluno tende a querer separar-se do fenômeno antes de

oferecer um juízo de valor. Na **experimentação ativa**, o aluno capta o conhecimento com recursos mentais, mas necessita experimentar os fenômenos para realmente aprender.

A evolução e o refinamento destes conceitos e suas combinações levaram **Kolb** [KOL 1984] a classificar os estudantes em quatro tipos diferentes, conforme suas tendências psicológicas e aptidões, no que diz respeito ao aprendizado, denominando-os: **adaptadores, assimiladores, diversificantes e solucionadores**.

Adaptadores são alunos que se adaptam facilmente a novos contextos, situações e cenários, e que buscam participar ativamente dos processos de aprendizagem. Gostam de experiências e atividades em que possam, imediatamente, pôr à prova uma teoria aprendida. Ao identificar este tipo de aluno, o sistema tutor inteligente deve oferecer, na medida do possível, atividades experimentais através nas quais os conhecimentos possam ser experimentados e sedimentados.

Assimiladores são alunos muito curiosos e abertos às novidades. Estão sempre prontos para novas idéias e conhecimentos, mas **não gostam** de buscá-las sozinhos. Necessitam serem guiados no processo. Esta é uma indicação muito importante para o tutor, pois a técnica de ensino utilizada com este tipo de aluno deve prever sua disposição em estudar o desconhecido de forma bem orientada.

Diversificantes, por sua vez, são pessoas altamente individualistas, autoconfiantes e senhoras de si. Quando estão estudando, sentem muita necessidade de informações detalhadas sobre os assuntos; e, que os tópicos sejam discutidos exaustivamente até não restar mais nenhuma dúvida. Um

sistema tutor inteligente deve sempre estar atento a este tipo de estudante, fornecendo-lhe explicações até mesmo redundantes para deixá-lo satisfeito - se isto for necessário. Os conteúdos apresentados devem ser flexíveis, detalhados e sistemáticos.

Solucionadores são pessoas ávidas por encontrar soluções para problemas práticos. Gostam de ser orientados previamente sobre suas atividades. Assim, um sistema tutor inteligente deve oferecer **sugestões formais e temáticas** que os orientem antes de dar início aos trabalhos de tutoria. Neste caso, especificamente, o tutor deve dar especial atenção à interatividade com o aluno.

3.4.1.2 Características Individuais

O ser humano, como todo ser vivo, relaciona-se com o ambiente buscando adaptação. Este processo engendra todo um repertório comportamental baseado na relação existente entre estímulos, respostas e reforços. Para melhor explicar este mecanismo, é necessário compreender como o Homem percebe o mundo que o cerca, e como trata essa informação. Por outro lado, o fato de muitas pessoas comportarem-se de maneira semelhante possibilita a abstração de seus padrões comportamentais, o que pode ajudar a prever e eliciar comportamentos.

Buscando outras fontes de informação sobre **percepção** de mundo e **processamento** de informações, **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e

Meireles [MEI 2003] voltam-se para as teorias de **Jung** [JUN 1976], **Myers-Brigs** [MYE 1985] e **Keirsey-Bates** [KEI 1984] sobre tipos psicológicos, para determinar alternativas de ação no caso de pessoas cujas características pessoais não podem ser alcançadas pelas teorias de **Kolb** [KOL 1984]. As contribuições de **Keirsey** são particularmente interessantes devido à facilidade que seu modelo de testes possui para implementação computacional. A adoção destas teorias não é o ideal, pois possuem grandes limitações, mas na falta de artefatos e teorias melhores, foram adotadas por sua ampla utilização mundial.

Mesmo sendo as pessoas seres dotados de personalidade própria e individualizados, muitos tipos de comportamentos se repetem freqüentemente, em enormes contingentes da população. Isto indica a existência de **padrões** de conduta que permitem aos psicólogos classificar as pessoas quanto ao seu temperamento. A teoria de que os seres humanos podem ser enquadrados em grupos comportamentais tem sido defendida e pesquisada por cientistas e estudiosos do comportamento humano há séculos. Contudo, os modelos propostos sempre apresentaram problemas e nenhum deles consegue garantir ampla aceitação.

Em suas pesquisas, **Jung** descreve uma hierarquia de tipos psicológicos (**pensamento, sentimento, sensação e intuição**), e ainda os combina em duas dimensões norteadoras: **introversão** (sujeito introvertido, voltado para dentro) e **extroversão** (sujeito extrovertido, voltado para fora). Para ele, as pessoas podem focalizar seus interesses em duas direções opostas, mas não totalmente excludentes: **em si mesmas** ou **no mundo exterior**. Isto explica por que o comportamento de alguns indivíduos pode ser centrado em seu próprio sujeito, canalizando energias, paixões e interesses em direção ao seu íntimo,

ao seu mundo interior, enquanto outras pessoas tendem a canalizar esta energia em direção ao seu exterior, ao mundo que as cerca, aos seus semelhantes. Assim, esta tendência, necessidade ou preferência comportamental atua de forma determinante na interação do indivíduo com o mundo.

Na concepção de **Jung**, os extrovertidos são pessoas mais influenciadas pelo meio-ambiente do que pelas suas próprias convicções. Assim, em uma “sociedade extrovertida”, os introvertidos não têm vez porque não têm consciência de que vêem o mundo a partir do seu interior. O introvertido move-se por fatores subjetivos, o que o faz sentir medo do mundo exterior e o torna um eterno ressentido.

Todavia, **Jung** salienta que ninguém consegue ser, o tempo todo, inteiramente introvertido ou extrovertido. Não existe ninguém puramente introvertido ou extrovertido. O máximo que pode acontecer é o indivíduo se tornar refém de uma dessas tendências, tornando-se predominantemente influenciado pelo meio ambiente ou por fatores internos. O excesso de influência interna leva à patologia da psicose; o exagero na força de interferência externa leva à neurose [JUN 1976].

Obviamente, quando isto acontece, algo está errado. O ideal é que o sujeito seja capaz de se adaptar às mudanças ambientais e se comportar de acordo com as suas contingências. Conseqüentemente, a tipologia de **Jung** deveria ser disposta sob a forma de uma distribuição binomial, mas o que ocorre é que as pessoas se enquadram aleatoriamente entre extrovertidos e introvertidos e, eventualmente, uma pessoa classificada como **E** (extrovertida)

pode ter os resultados de seus testes de personalidade acusando **I** (introvertida) [PAS 2003].

Uma outra dicotomia apontada por **Jung** na classificação dos tipos psicológicos foi **pensamento/sentimento**. Falando genericamente, o pensamento diz às pessoas o que algo é, enquanto os sentimentos falam se isso é agradável ou não; se é para ser aceito ou rejeitado. A dicotomia final apresentada em seu modelo diz respeito à **sensação/intuição**. Sensação diz a você, conscientemente, que alguma coisa existe; já a intuição também revela a existência das coisas, mas esta percepção se dá de forma inconsciente.

As conclusões de Jung não foram baseadas em qualquer estudo controlado. Ele mesmo afirma que teria realizado estes estudos se tivesse tido os meios necessários, por isso mesmo contentou-se com a observação dos fatos, ressaltando que seu esquema tipológico é apenas um mecanismo de orientação para futuras pesquisas [PAS 2003]. Analisando criticamente os fatos, a tipologia **junguiana** parece implicar em que a Ciência é apenas mais um ponto de vista com o qual podemos encarar a realidade, e que o uso da intuição é uma forma tão válida de compreensão do mundo quanto as mais cuidadosas observações feitas sob os mais rígidos dispositivos de controle.

Bacharela em Ciência Política, **Isabel Briggs Myers** passa a se interessar por tipos psicológicos ao notar a enorme excentricidade comportamental de seu marido. Junto com sua mãe, **Katharine Cook Briggs**, desenvolve um teste de tipologia psicológica chamado Indicador de Tipos Myers-Briggs (do Inglês, **Myers-Briggs Type Indicator - MBTI**) [MYE 1985]. Seu objetivo inicial é ajudar as pessoas a compreenderem melhor a sua individualidade e poderem escolher as profissões com as quais sua

personalidade tem maior afinidade. Acreditam que isto pode tornar os indivíduos mais felizes, criativos e produtivos.

Seu primeiro estudo longitudinal é realizado com estudantes de Medicina, e leva 12 anos para ser concluído. Os resultados deixam-nas fortemente convencidas de que seu teste não somente pode ajudar a selecionar excelentes profissionais, mas que o uso do **MBTI** em treinamentos profissionais na Faculdade de Medicina pode levar a Instituição à adoção de programas para ampliação da capacidade de comando, percepção e julgamento dos alunos, auxiliando-os na escolha das especialidades que melhor se adéqüem aos seus dons. Utilizando os tipos de **Jung**, o modelo de **Myers-Briggs** gera dezesseis perfis de personalidade distintos.

Tecnicamente, seu objetivo não é fornecer perfis psicológicos nem classificar pessoas, mas este resultado torna-se inevitável, principalmente ao fornecer testes de personalidade via Internet como se isto fosse algum tipo de entretenimento [PAS 2003]. Com seu uso descontrolado, corre-se o risco de discriminar pessoas com base em informações de precisão duvidosa. Empresas podem contratar, demitir ou classificar pessoas aplicando supostos testes de personalidade, como o **MBTI**, e achar que estão agindo corretamente. Da mesma forma que **Jung**, elas não têm como avaliar se a informação prestada pelo usuário é falsa ou verdadeira. A auto-avaliação feita pelas pessoas muitas vezes é enganosa, e isto pode levá-las a conclusões erradas sobre si mesmas.

Críticas à parte, a tipologia de **Jung** define que os indivíduos têm um dos quatro tipos psicológicos específicos, orientados ou para a introversão ou para a extroversão, gerando oito tipos de personalidades diferentes. Ele acredita que as pessoas pertencem a um tipo específico de personalidade, definido por uma

função dominante, mas que traços das outras podem estar presentes na pessoa, muito embora sem influência funcional relevante.

Myers-Briggs amplia este leque para dezesseis funções ao recombinar os fatores e atribuir gradações de importância a todas as funções presentes no indivíduo, enfatizando que todas têm seu papel, em maior ou menor grau, na definição das personalidades. Ao incorporarem o papel destas funções auxiliares, identificam uma preferência que ainda não havia sido identificada por Jung: **percepção e julgamento**. A teoria hoje aceita é a de que cada indivíduo possui um modo primário de operação, distribuído em quatro categorias:

1. Nosso fluxo de energia;
2. Como captamos as informações;
3. Como preferimos tomar nossas decisões; e,
4. O estilo básico cotidiano de vida que preferimos levar.

Dentro destas categorias, nós “preferimos” ser uma das seguintes opções:

1. **Extroversão** ou **Introversão**;
2. **Sensação** ou **Intuição (N)**;
3. **Pensamento (T)** ou **Sentimento (F)**; ou,
4. **Percepção** ou **Julgamento**.

A Figura 16, adaptada de **Melo & Meireles** [MEI 2003] [MEL 2003], demonstra como se processam a percepção, o julgamento e as atitudes das pessoas, utilizando as contribuições de **Myers-Briggs**.

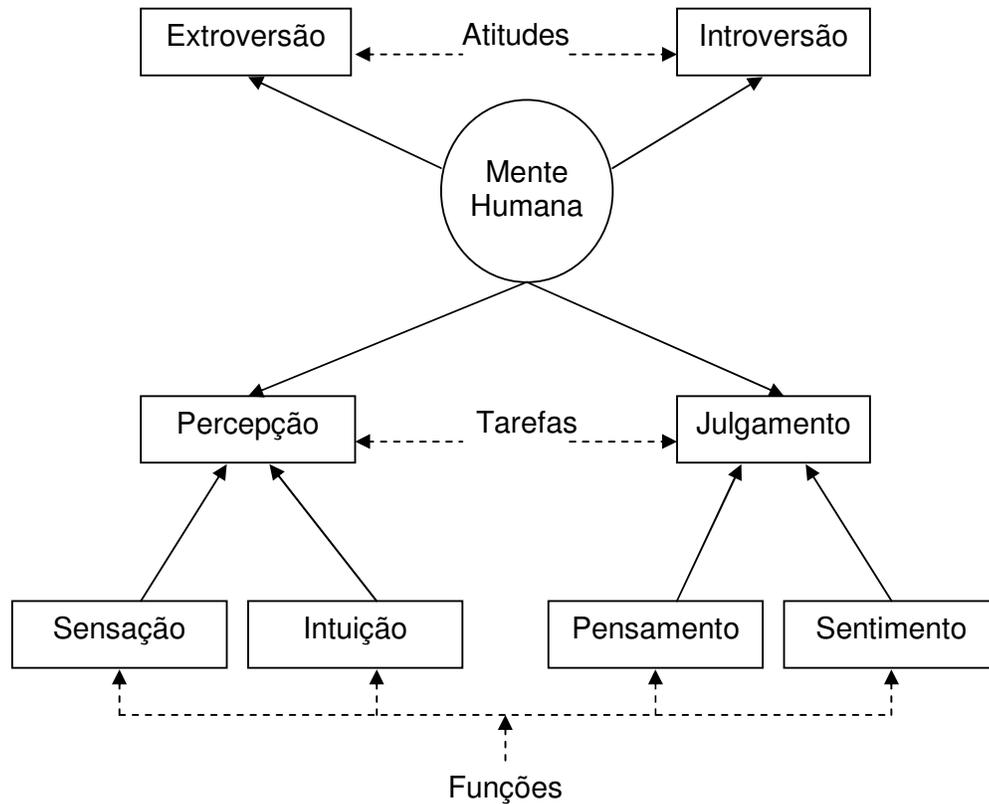


Figura 16 – Padrões comportamentais humanos por Jung e Myers-Briggs

A direção do **fluxo de energia** define como as pessoas recebem a parte essencial de sua **estimulação**: se de dentro delas mesmas (**Introversão**) ou do meio externo (**Extroversão**). Isto explica se a função dominante está focalizada interna ou externamente.

O item “**como captamos as informações**” relaciona-se à forma preferida das pessoas obterem informações. Diz respeito ao fato das pessoas acreditarem nos cinco sentidos (**Sensação**) para receber informações, ou em seus instintos (**Intuição**).

O terceiro tipo - “**como preferimos tomar nossas decisões**” -, refere-se à incógnita das pessoas serem inclinadas a decidir as coisas baseadas na

lógica e em considerações objetivas (Pensamento **(T)**, raciocínio) ou baseadas em sistemas de valores pessoais, subjetivos (sentimento **(F)**).

Estas preferências são baseadas na teoria dos **Tipos Psicológicos** de **Jung** [JUN 1976], mas é **Isabel Briggs Myers** quem desenvolve a teoria da quarta preferência, que está relacionada ao questionamento de “**como nos relacionamos com o mundo externo**” cotidianamente. Diz respeito a ser mais organizado, significativo e confortável para as pessoas se relacionarem com ambientes estruturados, planejados (**Julgamento**); ou, se preferem situações mais flexíveis e diferentes, isto é, se é mais confortável para elas se relacionarem com ambientes abertos e casuais (**Percepção**). De uma perspectiva teórica, se a função extrovertida superior for uma função de **Tomada de Decisão**, então, as pessoas preferem **Julgamento**; se for uma função de **Coleta de Informações**, elas preferem **Percepção**.

O Quadro 2, adaptado de **Melo & Meireles** [MEI 2003] [MEL 2003], apresenta uma comparação tipológica de equivalência entre as concepções **Jung** e **Meyers-Briggs**. O Anexo 5 traz a codificação e o significado dos dezesseis tipos desenvolvidos por **Myers-Briggs** (oito introvertidos e oito extrovertidos) e sua correlação com a teoria **junguiana**.

Quadro 2 - Tipologia de Jung x Tipologia Myers-Briggs

JUNG	MEYERS-BRIGGS
FE - Extrovertido + sentimentos	ESFJ + ENFJ
FI - Introvertido + sentimentos	ISFP + INFP
NE - Extrovertido + intuição	ENFP + ENTP
NI - Introvertido + intuição	INFJ + INTJ
SE - Extrovertido + sensível	ESFP + ESPT
SI - Introvertido + sensível	INSF + ENTJ
TE - Extrovertido + racional	ESTJ + ENTJ
TI - Introvertido + racional	ESTP + INTP

O Quadro 3 apresenta aplicações práticas para os testes de tipologia psicológica.

Quadro 3 – Aplicações práticas para testes de Tipos Psicológicos

Aplicação	Objetivo
Orientação Vocacional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar que tipo de tarefas as pessoas desempenham melhor. ▪ Identificar onde as pessoas se sentem mais felizes.
Gerenciamento de Recursos Humanos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar como compreender melhor as capacidades naturais e em que parte da empresa elas encontrarão maior satisfação pessoal.
Relações Interpessoais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar como aumentar nossa consciência sobre o tipo psicológico de um outro indivíduo, e assim aumentar nosso entendimento sobre sua forma de reagir às situações; e, conhecer a melhor forma de nos comunicarmos com ele em um nível que ele possa compreender.
Educação	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar como desenvolver diferentes métodos de ensino para uma educação com alcance amplo, de forma a atingir diferentes tipos de pessoas, efetivamente.
Aconselhamento	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Identificar como podemos auxiliar as pessoas a compreenderem melhor a si mesmas e tornarem-se mais hábeis ao lidarem com suas potencialidades e fraquezas.

As inovações introduzidas por **Myers-Briggs** [MYE 1985] influenciam os trabalhos de inúmeros pesquisadores; particularmente, **David Keirsey** e **Marilyn Bates** que tomam os 16 tipos psicológicos e os classificam em quatro conjuntos de temperamentos, baseados em três das quatro escalas: SJ (guardiões), SP (artesões), NT (racionais) e NF (idealistas). Seu trabalho é contemporâneo ao de **Myers-Briggs**, mas apresenta uma descrição mais aprofundada, sintética e sistemática da personalidade e dos temperamentos, procurando atribuir uma gradação valorativa a cada um dos fatores

comportamentais intervenientes no temperamento das pessoas, relacionando-os com o seu comportamento global.

A tipologia de **Keirsey-Bates** [KEI 1984] é um desdobramento natural do trabalho de **Jung** [JUN 1976] e **Myers-Briggs** [MYE 1985], mas não se interessa tanto pelo que vai à mente das pessoas, e sim pelo seu comportamento ao longo do tempo. A Figura 17, adaptada de **Melo & Meireles** [MEI 2003] [MEL 2003], apresenta o intercâmbio existente entre o trabalho dos três autores.

Analisando o **MBTI**, **Keirsey** e **Bates** apresentam uma nova versão de teste de temperamento, dividindo os sujeitos nas quatro categorias básicas de melancólico, sangüíneo, colérico e fleumático, dando-lhes novos nomes. A seguir, desdobram o grupo nos 16 subtipos do **MBTI**. Por fim, dividem cada um deles em outros quatro tipos. Denominam seu teste como Classificador de Temperamentos Keirsey-Bates (do Inglês, **Keirsey-Bates Temperament Sorter - KBTS**). O teste (Anexo 2) contém 70 itens que aparecem com uma frase e dois complementos referentes a tipos diferentes. O sujeito deve escolher uma das duas alternativas. Muito embora seja considerado inferior ao **MBTI**, o **KBTS** é um teste mais utilizado devido a sua facilidade em ser modelado por sistemas computacionais.

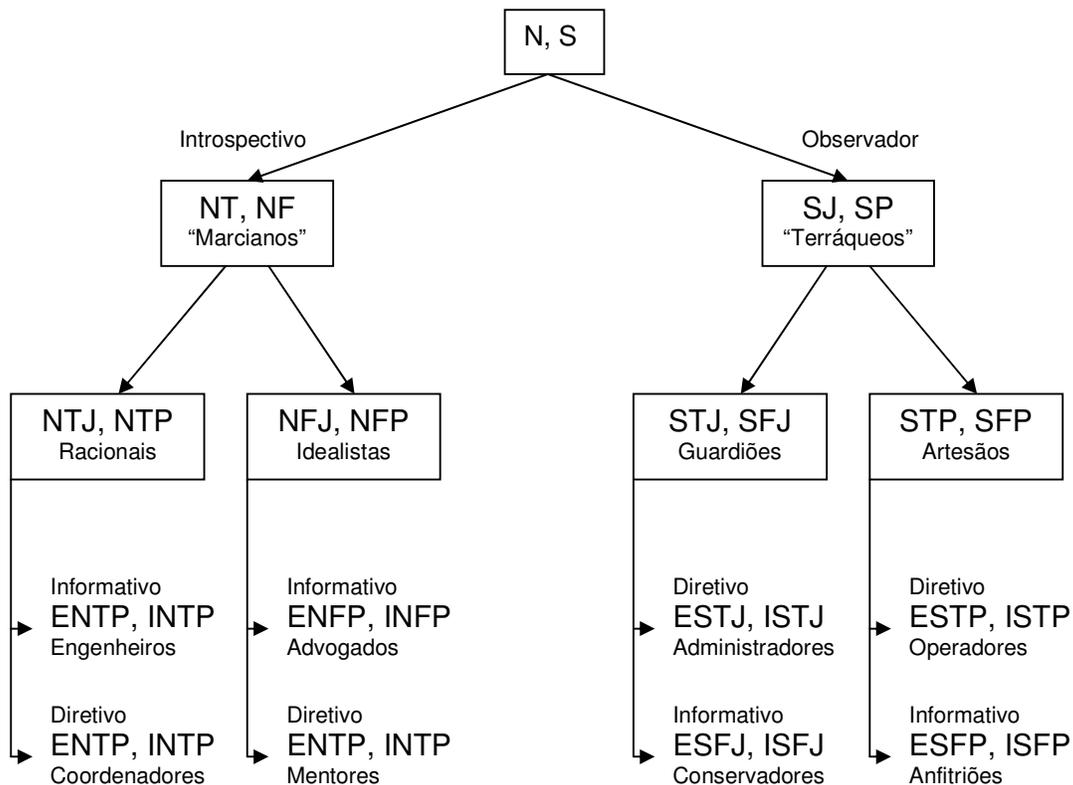


Figura 17 – Construção Tipológica de Keirsey-Bates

3.4.2 RESULTADOS ENCONTRADOS

A pesquisa de **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] busca desenvolver um sistema tutor inteligente (adaptativo) capaz de guiar o indivíduo no decorrer de uma tutoria de acordo com suas características psicológicas e preferências de aprendizagem. Para avaliar seu processo, restringem suas observações às variáveis relacionadas às características dos sujeitos e sua forma de adquirir conhecimento, usando como domínio, tópicos

de “Introdução ao Processamento de Dados”. Consideram válidas 148 coletas com navegação livre; 31 com navegação guiada; e, 31 com navegação guiada inteligente.

Nas diversas situações pesquisadas, as notas iniciais médias ficam em torno de 4,16 para os pesquisados em suas características psicológicas; e, 4,09 para os avaliados sob o ponto de vista de suas preferências de aprendizagem, sugerindo que as amostras possuem um conhecimento regular sobre o assunto. Após a aplicação da tutoria, as notas médias finais giram em torno de 6,6 para os de características psicológicas; e, 6,7 para os de preferências de aprendizagem.

Os ganhos normalizados revelam notas médias superiores nos casos em que os alunos são tutorados utilizando navegação inteligente, alcançando 58,02% de melhoria entre os alunos ensinados com base em suas características psicológicas; e, 57,76% entre os componentes da amostra ensinada com base em suas preferências de aprendizagem. Em comparação aos ganhos obtidos com navegação livre e aleatória, estes ganhos foram significativamente maiores, sugerindo a efetividade do processo.

3.5 SISTEMAS TUTORES EFETIVOS

A utilização de regras de especialistas e ferramentas capazes de captar os estilos de aprendizagem e os tipos psicológicos dos alunos é determinante para o sucesso da **RNA** proposta por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e

Meireles [MEI 2003]. Sem essas informações, a rede não pode atuar corretamente e tem que ser exaustivamente treinada até criar seus próprios padrões. O trabalho dos especialistas na orientação do trabalho da rede economizou tempo e aumentou a precisão das ações, tornando-o um eficiente instrumento de pesquisa.

Quanto aos instrumentos de coleta de informações pessoais, tem-se que considerar que os parâmetros psicométricos do **MBTI** e **KBTS** são muito complexos e de precisão duvidosa, o que torna bastante arbitrária a distinção de seus tipos psicológicos. Muito embora um sujeito possa ser eminentemente extrovertido, isso não significa que ele não desempenhe atividades introvertidas. Conforme os indivíduos vão crescendo e aprendendo, a maioria desenvolve capacidades para trabalhar com funções que não são suas de origem. Isto deixa claro que não se podem enquadrar as pessoas em grupos estanques, utilizando equações comportamentais, desconsiderando sua possibilidade de evolução. No entanto, é possível identificar, sim, preferências naturais e estudar como essas capacidades e fraquezas atuam dentro de cada contexto [PAS 2003].

Todas as pessoas possuem preferências naturais que se enquadram em uma das quatro funções descobertas por **Jung** [JUN 1976]. Além disso, é possível que esses tipos psicológicos indiquem como as pessoas se relacionam com as diferentes situações do dia-a-dia. Aprender como se estruturam as personalidades das pessoas ajuda a compreender por que certas áreas de suas vidas são facilmente processadas, enquanto outras, não. De certa forma, pode-se dizer que compreender como as pessoas pensam e se comportam é um

processo adaptativo que ajuda na melhoria da comunicação com os mais variados tipos psicológicos existentes.

Por outro lado, a construção de quadros instrucionais deve levar em conta requisitos que garantam sua **efetividade**. A melhor forma de verificar se os itens cumprem essas exigências é estabelecer uma lista de atributos essenciais que devem estar presentes tanto nos recursos comportamentais quanto nos não-comportamentais do software. Por serem ferramentas que vão operar sem a supervisão constante dos educadores e psicólogos que os formularam, precisam ser concebidos de forma a se tornarem quase infalíveis durante a operação.

A modelagem das preferências de aprendizagem e dos tipos psicológicos é apenas um item no complexo mecanismo de inteligência de um sistema tutor efetivo. A disposição dos contextos, a estruturação dos quadros e as estratégias de ensino complementam-se num trabalho sinérgico cujo objetivo é fornecer um estudo personalizado ao aluno de EAD.

3.6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento de Sistemas Tutores Inteligentes tem muito a ganhar com a utilização de Inteligência Artificial Conexionista, pois as regras de especialistas podem modelar variáveis ambientais com uma precisão ótima e facilitar o trabalho das redes neurais artificiais. A flexibilidade deste conjunto,

associada a uma considerável robustez, torna a aplicação capaz de se adaptar a contingências não previstas pelos programadores, possibilitando o surgimento de comportamentos emergentes que tornam o trabalho da rede mais eficiente.

O modelo proposto por Martins, Melo & Meireles evidencia como a navegação guiada (inteligente) pode ser superior em processos de tutoria. O uso de preferências de aprendizagem e características psicológicas para a modelagem das regras de negócios do sistema possibilita à rede atuar oferecendo um ensino personalizado. Contudo, a efetividade dos quadros pode ampliar o alcance dos Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos, dinamizando sua capacidade para ensinar os mais diversos conteúdos temáticos, sem a necessidade de novos treinamentos. Nos próximos capítulos serão mostradas evidências que sugerem fortemente esta possibilidade.

PARTE II

Sistema Proposto

Capítulo 4

Delineamento Experimental

“An agent is just something that acts. But computer agents are expected to have other attributes that distinguish them from mere “programs”.”

Stuart Russell.

4.1 INTRODUÇÃO

Existem dois aspectos fundamentais e indissociáveis a se considerar em qualquer estudo experimental: o planejamento do experimento e a análise estatística dos dados. Antes de tudo, experimentos são estudos controlados e a análise dos dados utilizando técnicas estatísticas são um meio seguro para se alcançar conclusões confiáveis. Por isso, em praticamente todas as áreas do conhecimento científico, o uso da Estatística é imprescindível. Desta forma, todo o planejamento deve ser estruturado tendo como base os estudos estatísticos que serão feitos posteriormente.

Neste capítulo, são apresentados alguns elementos básicos indispensáveis a qualquer experimentação científica. Por outro lado, são também descritas as peculiaridades envolvidas na experimentação com seres

humanos e a pesquisa desenvolvida neste ensaio, detalhando a situação experimental criada para avaliar a estrutura de **RNA** proposta por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] para Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos, utilizando dois cenários distintos. Com este objetivo, são delineadas as etapas da experimentação, participantes, instrumentos e métodos utilizados na observação e coleta de dados.

4.2 ELEMENTOS BÁSICOS DA EXPERIMENTAÇÃO

Todo experimento planejado é um teste ou uma série de testes onde são realizadas mudanças propositais em variáveis de entrada de um processo, com o objetivo de verificar as mudanças correspondentes ocorridas nas variáveis de saída (Figura 18). Variável é um conceito operacional que se constitui ou representa valores, propriedades ou fatores discerníveis ou passíveis de mensuração [LAK 2003].

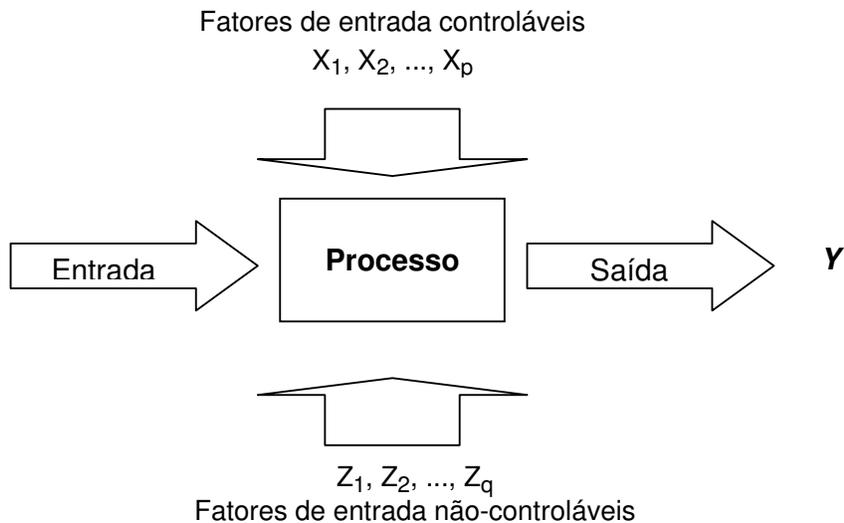


Figura 18 – Modelo geral de um processo experimental

A estrutura descrita na Figura 18 exemplifica uma combinação de pessoas, máquinas e métodos (informatizados ou não) que processam variáveis de entrada para obter respostas nas variáveis de saída. As variáveis de entrada controladas são discriminadas pela letra **X**, e as variáveis de saída, pela letra **Y**. No entanto, demonstra também que algumas variáveis escapam ao controle do experimentador. Estas variáveis de entrada não-controláveis são discriminadas pela letra **Z**, e também chamadas de **ruído**. Em uma experimentação, os ruídos podem intervir na relação existente entre a variável **independente (X)** e a **dependente (Y)**, mascarando ou adulterando resultados [LAK 2003]. Há sempre uma probabilidade finita de ocorrência de distorções, mas, muito embora sejam relativamente imprevisíveis, podem ser controladas para efeito de testes [W&A 1996].

Existem vários objetivos que podem nortear a execução de um experimento, dentre os quais podem-se incluir:

- a) Determinar que variáveis **X** são mais influentes na resposta **Y**;

- b) Determinar o valor a ser atribuído às variáveis **X** influentes, de modo que **Y** permaneça o mais próximo possível da exigência nominal esperada;
- c) Determinar o valor a ser atribuído às variáveis **X** influentes, de modo que a variabilidade de **Y** permaneça pequena; e,
- d) Determinar o valor a ser atribuído às variáveis **X** influentes, de modo que os efeitos das variáveis não-controláveis sejam minimizados.

Desta forma, os métodos de planejamento experimental podem ser utilizados tanto para o desenvolvimento de processos quanto para a solução de problemas ou implementação de aprimoramentos, tornando-os mais robustos, dinâmicos e insensíveis a fontes externas de variabilidade.

Para conseguir um planejamento experimental eficiente é necessária a adoção de uma abordagem científica desde o seu planejamento até a emissão do relatório. Isto implica em que todo o experimento deve ser elaborado de forma que os dados certos sejam coletados no menor tempo possível e com o mínimo de custos. É com base neste planejamento que se realiza a coleta de dados. No entanto, se os dados são coletados inapropriadamente, não há técnica estatística de análise de dados capaz de reverter o problema, e a experimentação fica comprometida [W&A 1996].

Coletas de dados eficientes e apropriadas exigem um planejamento de experimentos baseado em três princípios básicos: **réplica**, **aleatoriedade** e formação de **blocos**:

- **Réplicas** são repetições do experimento feitas sob as mesmas condições experimentais. Isto significa que fatores que possam influenciar a

variável resposta de interesse devem ser controlados de modo a não sofrerem variações de uma experimentação para outra. As réplicas são importantes porque permitem a obtenção de uma **estimativa de variabilidade** devida ao **erro experimental**. A partir desta estimativa é possível avaliar se a variabilidade presente nos dados é devida somente ao erro experimental ou se existe a influência das diferentes condições avaliadas pelo pesquisador.

- **Aleatoriedade** ou **casualidade** é um conceito que indica que tanto a alocação do material experimental durante as sessões de experimentação, quanto a ordem segundo a qual os ensaios individuais do experimento são realizados, devem ser determinados ao acaso. É a aleatoriedade que torna possível a aplicação de métodos estatísticos para a análise dos dados, pois ela valida a exigência dos componentes do erro experimental serem variáveis aleatórias independentes. Por outro lado, durante as experimentações, fatores não-controlados e indesejáveis podem estar presentes e atuando sobre a variável resposta, afetando o seu desempenho. Neste sentido, a aleatoriedade permite que estes efeitos sejam balanceados entre todas as possíveis medidas, evitando confusões na avaliação dos resultados.

Existem fatores externos conhecidos que interferem em situações experimentais, mas que não são objeto de interesse do pesquisador. Contudo, a sua variabilidade deve ser sistematicamente controlada e avaliada para evitar erros de medição. Se estes fatores não são controlados, mesmo usando a aleatoriedade, o erro experimental reflete tanto o erro aleatório inerente ao experimento quanto a variabilidade existente em função desses fatores.

Para avaliar com maior eficiência os efeitos dos fatores de interesse, devem-se formar **blocos** de experimentos para os vários fatores externos de

influência e realizar repetições completas do processo em cada bloco, de modo a minimizar os efeitos dos fatores perturbadores no resultado final do experimento. Assim, **blocos** são conjuntos homogêneos de unidades experimentais, correspondendo cada um a um corpo de prova específico. O objetivo principal na utilização de blocos **não é** medir o efeito dos fatores de perturbação, mas sim avaliar com maior eficiência os efeitos dos fatores de interesse.

4.3 ROTEIRO PARA UMA EXPERIMENTAÇÃO EFICIENTE

O uso de abordagens estatísticas no planejamento e análise de experimentos exige que todo o pessoal envolvido tenha uma idéia clara e antecipada do objeto de estudos, e de como os dados serão coletados e analisados [W&A 1996]. Esta antevisão permite elaborar matematicamente os cenários experimentais, facilitando a quantificação das respostas e sua conseqüente tabulação, pois nenhum sistema pode ser adequadamente controlado se não dispuser de informação suficiente [DUC 1972]. Assim, existem sete considerações fundamentais a se observar durante a elaboração de um bom projeto experimental:

- 1) **Reconhecimento e relato do problema.** Reconhecer e qualificar corretamente um problema é tarefa difícil. No entanto, é de importância capital elaborar um relato que o faça de forma eficiente. A finalidade é

desenvolver todas as idéias que permitem definir de forma clara os objetivos específicos do experimento;

2) **Escolha dos fatores e dos níveis.** Neste ponto são escolhidos os fatores que vão variar, os intervalos sobre os quais eles variarão, e os níveis específicos nos quais as experimentações serão feitas;

3) **Escolha da variável resposta.** Aqui o experimentador seleciona as variáveis que realmente fornecerão as informações úteis a respeito do processo em estudo, e a capacidade de medida da variável;

4) **Escolha do planejamento experimental.** É a fase mais delicada do planejamento, quando se discute o tamanho da amostra (número de replicações); a seleção e ordem adequada das tentativas experimentais; e, a necessidade ou não da formação de blocos;

5) **Realização do experimento.** Durante a experimentação, é vital monitorar o processo para garantir que tudo esteja sendo feito de acordo com o planejado. Erros no procedimento experimental geralmente comprometem toda a validade da pesquisa;

6) **Análise dos dados.** Métodos estatísticos devem ser usados para analisar os dados, de modo que os resultados e as conclusões sejam objetivos e confiáveis, e não de opinião; e,

7) **Conclusões e recomendações.** Uma vez analisados os dados, o experimento deve fornecer conclusões práticas sobre os resultados e recomendar um curso de ação. Seqüências de acompanhamento e **testes de confirmação** devem ser também realizados para **validar as conclusões do experimento** [W&A 1996].

4.4 EXPERIMENTAÇÃO COM HUMANOS

A realização de experimentos com humanos possui características próprias que exigem a observação de princípios éticos e metodológicos específicos. No Brasil, as pesquisas envolvendo seres humanos são reguladas por resoluções do Conselho Nacional de Saúde, subordinado ao Ministério da Saúde, e operacionalizadas através do Conselho Nacional de Ética na Pesquisa (Conep) e dos Comitês de Ética na Pesquisa (CEPs). Estes órgãos seguem uma legislação estruturada em acordo com normas e tratados internacionais. Procuram analisar as ferramentas científicas, materiais, métodos, valores e crenças diretamente envolvidos com os experimentos, objetivando proteger a integridade dos participantes e contribuir para a qualidade nas pesquisas e práticas deontológicas [SCR 2004]. Desta forma, quando um indivíduo é convidado a participar de um estudo científico, deve ser esclarecido sobre os objetivos da experimentação e o seu papel no processo em que está envolvido. Isto permite que somente os voluntários capazes de emitir respostas válidas sejam utilizados, atenuando os efeitos da eventual imprevisibilidade do comportamento humano.

No que diz respeito à *práxis* do experimentador, este deve ter em mente que muitos comportamentos só emergem no ambiente natural de convivência das pessoas. Em uma sala de aula ou laboratório, tais comportamentos talvez nunca se manifestem, e os alunos podem, mesmo, agir contrariamente ao planejado para a experiência. Desta forma, as atitudes do sujeito tanto podem seguir de acordo com o planejado, quanto o indivíduo pode se tornar apático ou

ir contrariamente ao esperado, manifestando, inclusive, fenômenos somáticos em resposta a situações consideradas ansiogênicas.

Russel e Norvig [RUS 2003] relatam que situações de incerteza modificam radicalmente a forma como as pessoas agem, e que há evidências experimentais indicando que elas, por exemplo, violam sistematicamente os axiomas da teoria da utilidade⁴. Uma explicação possível para este fenômeno seria que os humanos agem de forma irracional em relação ao axioma por serem avessos a riscos e eventos de alto nível probabilístico. Em outras palavras, nestas situações, talvez as escolhas humanas sejam mais baseadas em suas preferências pessoais do que na lógica.

Alguns fatores podem interferir de modo a dificultar a obtenção de respostas adequadas de indivíduos humanos. A incompreensão do significado das perguntas, por exemplo, pode levar a interpretações equivocadas, o que exige a utilização criteriosa de um vocabulário adequado à realidade do sujeito, visto não ser possível interferir no processo para sanar eventuais dúvidas. Por outro lado, o meio-ambiente também pode exercer influências adversas ou gerar distrações, levando o indivíduo a assumir uma posição defensiva em relação ao experimento, dificultando a obtenção de respostas válidas [LAK 2003].

Skinner observa que em certos casos, os humanos reagem de forma agressiva ou apática para se defender e, principalmente, para escapar de situações aversivas. Para ele, “medo e ansiedade são características da fuga e da esquiva; a raiva, do contra-ataque; o ressentimento, da inação teimosa” [SKI

⁴ O termo **utilidade** é utilizado aqui no sentido da **qualidade de ser útil**. Esta teoria diz que cada estado tem um grau maior ou menor de **utilidade** ou **serventia** para um agente, o qual prefere sempre trabalhar com os estados que possuem maior nível de utilidade [RUS 2003].

1972]. Para solucionar estes problemas, ele sugere a utilização de mecanismos de reforçamento operante, capazes de sustentar os comportamentos desejados.

Mitchell [MIT 1997] também manifesta interesse em elaborar questionários eficientes, de modo a conseguir o máximo de colaboração e desempenho por parte do estudante. Sugere a utilização de uma estratégia para alunos envolvidos na aprendizagem de conceitos, em que se fornecem exemplos que satisfaçam exatamente a metade das hipóteses possíveis no espaço de versões corrente. Por sua vez, Muraro [MUR 1973] sugere que para prender a atenção dos participantes, os sistemas tutores devem ser elaborados em função dos alunos e não de estruturas preestabelecidas. Neste sentido, apresenta um tripé de critérios fundamentais a serem seguidos durante a elaboração das matérias dos programas: triagem, distribuição e tratamento das matérias que compõem o domínio a ser ensinado.

Em seu trabalho, Markle [MAR 1969] chama a atenção para a necessidade de se conhecer bem quão variada é a população que fará uso dos sistemas tutores, e questiona qual a utilidade dessa informação e quais as suas implicações práticas, pois se um grupo de participantes é muito diverso, torna-se razoável supor que haja considerável discrepância comportamental entre os estudantes. Na eventualidade deles realmente diferirem, sugere a adoção de uma solução de programação linear ou ramificada, enfatizando, porém, que esta última possui mais maneabilidade para modelar uma ampla gama de comportamentos.

4.5 SISTEMA PROPOSTO

Comparados aos biológicos, os sistemas baseados em Inteligência Artificial (IA) são relativamente simples, e os ambientes onde operam são bastante reduzidos. Contudo, seis componentes são comuns aos cenários experimentais dos softwares dotados de IA: agente, tarefa, ambiente, protocolo, coleta de dados e análise. Os três primeiros pertencem ao domínio das teorias comportamentais; os últimos estão relacionados aos métodos empíricos. Assim, em Cibernética, **comportamento** é o que se observa quando um agente tenta executar uma tarefa para a qual foi programado, em um determinado ambiente. Neste momento, são contabilizados os registros observados, segundo um protocolo de trabalho, e os dados obtidos são analisados para determinar padrões e tendências comportamentais [COH 1995].

O principal objetivo desta pesquisa é apresentar um conjunto de requisitos para o desenvolvimento de conteúdos e quadros efetivos, além de validar a tecnologia cibernética de Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos, baseada em Redes Neurais Artificiais e regras especialistas, proposta por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003]. Fundamenta-se na adaptabilidade neural que RNA's treinadas possuem para abstrair padrões e ensinar conteúdos diversos, sem a necessidade de novos treinamentos. Com isto, busca fornecer recursos à RNA para modelar com precisão os perfis dos usuários, tendo em vista suas características psicológicas e estilos de aprendizagem, facilitando o desenvolvimento de estratégias de ensino mais personalizadas e eficientes.

O que torna este tutor um professor particular inteligente são os **padrões de navegação**; avaliação pontual das **respostas**; **feedback** imediato; e, **regras de negócio pedagógicas**. O sistema proposto opera diagnosticando o perfil do usuário, definido pelo seu **estilo de aprendizagem** ou suas **características psicológicas**. Esse levantamento é feito através de questionários específicos, para que o **tutor** trace a estratégia de ensino mais adequada para cada padrão. Os parâmetros utilizados baseiam-se nas preferências individuais dos sujeitos, pois o sistema trabalha com variáveis relativas à maneira como o aluno se concentra, organiza suas idéias e retém informações.

Os indivíduos são submetidos a um processo de navegação guiada inteligente, onde um teste inicial avalia seus conhecimentos prévios sobre o assunto; e, a um teste final que procura diagnosticar o seu nível de aquisição de conhecimentos após o curso. No decorrer das aulas, os quadros são apresentados segundo o planejamento traçado e, para cada item exibido, uma pergunta é apresentada, contendo respostas de múltipla escolha. A distribuição dos conteúdos ocorre através de aproximações sucessivas, levando o aluno a elaborar e abstrair mais o seu conhecimento e suas respostas. Nenhum quadro ou questionário pode ser evitado, e o aluno só passa para o quadro seguinte se o tutor achar que isto é possível (Figura 19).

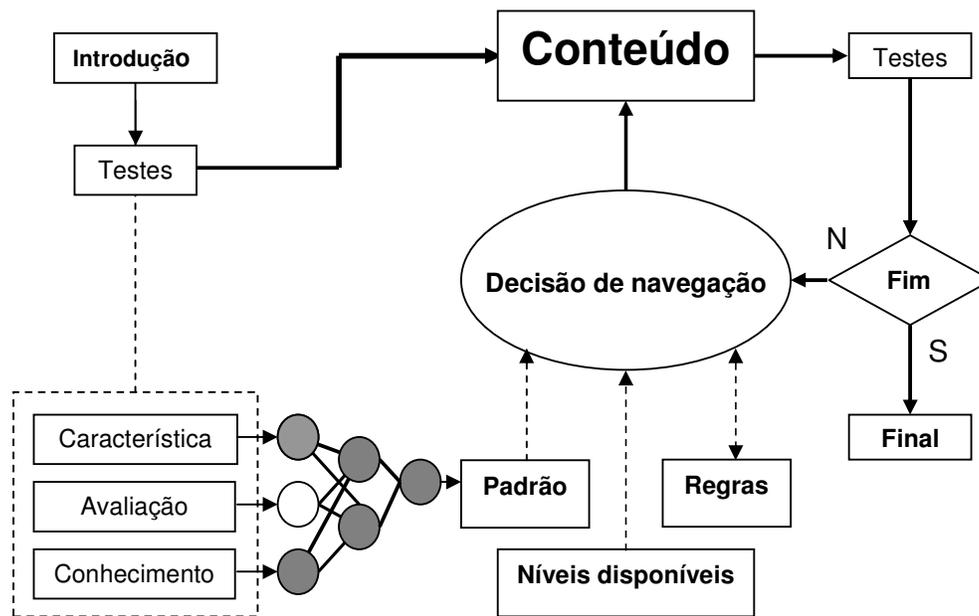


Figura 19 – Estrutura proposta

A adaptabilidade temática do sistema reside na estrutura proposta para a rede neural e seu treinamento inicial; além dos requisitos para o desenvolvimento de conteúdos que possibilitam sua reutilização sem a necessidade de novas coletas de dados e treinamentos. A arquitetura adotada na elaboração dos conteúdos leva em consideração as regras conexionistas e associacionistas da Psicologia e Pedagogia, e atua reforçando e condicionando o comportamento operante do sujeito através da disposição de estímulos ligados aos domínios empregados, em uma gradação crescente de dificuldade e nível de abstração. Utiliza, ainda, vários estímulos visuais suplementares para oferecer sugestões formais e temáticas que auxiliem o aluno na compreensão das estruturas de respostas válidas e do seu significado.

4.5.1 LISTA DE REQUISITOS

Para prevenir eventuais falhas, os Sistemas Tutores Inteligentes devem satisfazer a seguinte **lista de requisitos**:

1 – **Objetivo**: quadros efetivos devem ser elaborados tendo em vista a finalidade do projeto. Por exemplo, no caso dos alunos de “Ritmos Biológicos”, todos os quadros são concebidos com esta finalidade. As figuras, as sugestões temáticas e os estímulos suplementares são dispostos com o objetivo de chamar a atenção do aluno para o tema proposto.

2 – **Limpeza**: quadros efetivos devem ser livres de elementos estranhos aos objetivos do projeto. Isso implica em que toda a tela do computador deve estar preenchida com o cenário do Sistema Tutor e os quadros devem conter apenas de um a três estímulos visuais temáticos suplementares, evitando a poluição visual do quadro.

3 – **Linguagem**: deve ser clara, direta, sucinta e sem margem para dúvidas. Assim, as instruções, asserções, questionamentos e respostas devem ser elaborados utilizando palavras com sentido bem definido, evitando a dubiedade.

4 – **Vocabulário**: linguagem acessível, adequada ao grau de desenvolvimento intelectual do público alvo. Isto significa que os objetivos do projeto devem ser respeitados, mas o sujeito do experimento também deve ser considerado na hora de elaborar o conteúdo instrucional, pois uma palavra incompreendida pode travar o processo de aprendizagem e bloquear o desenvolvimento do aluno, já que não lhe é possível fazer perguntas ao aplicador dos testes.

5 – **Encadeamento:** conceitos e argumentações devem ser encadeados progressivamente, em estágios sucessivos, partindo dos conceitos mais simples até os mais complexos, fazendo com que as idéias fundamentais sejam pré-requisitos às mais complexas. Isto possibilita ao aluno elaborar melhor as suas argumentações, em um grau crescente de abstração, pois todos os seus argumentos passam a ser mais bem embasados.

6 – **Informação na medida:** privilegiar a qualidade e não a quantidade da informação. Este requisito implica em evitar a poluição dos quadros, prevenindo o excesso de informações para facilitar a aprendizagem e esclarecer melhor os conceitos, evitando a ambigüidade de informações. Os conceitos devem ser ensinados aos poucos, paulatinamente, quadro a quadro.

7 – **Atualidade:** os contextos devem ser atualizados sempre que for possível e necessário. Alguns conceitos são básicos e quase não precisam de atualização, mas outros são dinâmicos e evoluem constantemente. Assim, na medida do possível, o conteúdo dos contextos deve ser revisto e adequado, buscando tanto a atualização de informações quanto o aperfeiçoamento didático.

8 – **Positividade:** devem-se evitar termos de negação ou argumentos que encerrem pensamentos de negatividade. Isto é necessário por que as argumentações negativas estão associadas às proibições que são impostas aos seres vivos pelas contingências ambientais. Desta forma, o trabalho com argumentações positivas é mais agradável e motivador para a manutenção do comportamento operante ideal do aluno.

9 – **Harmonia:** deve haver uniformidade entre as unidades. É importante que a distribuição dos conceitos através dos quadros instrucionais siga um encadeamento progressivo e suave na complexidade dos tópicos. Sessões muito discrepantes provocam lacunas e aumentam as dúvidas dos alunos, prejudicando o processo de aprendizagem.

10 – **Sugestões formais:** todo quadro instrucional deve conter uma ou mais sugestões formais. Estas sugestões explicam ao aluno como o curso deve ser ministrado e que tipos de respostas aceitáveis são esperados. Esclarecem o aluno sobre os objetivos do projeto, o plano de curso, o método de ensino e o sistema de avaliação.

11 – **Sugestões temáticas:** todo quadro instrucional deve conter uma ou mais sugestões temáticas. Este tipo de informação fornece ao aluno dicas sobre o tema estudado, aumentando sua bagagem de conhecimentos, de forma a facilitar seu aprendizado, mas evitando fornecer respostas às perguntas apresentadas ao longo do curso.

12 – **Figuras, gráficos e sons:** estímulos suplementares são ótimos, e funcionam como reforçadores do comportamento operante. Isto implica em fornecer atrativos visuais e auditivos ao aluno para mantê-lo interessado no curso e evitar apatia e eventuais aborrecimentos. Contudo, devem-se evitar os excessos para prevenir a poluição dos quadros.

13 – **Controle de contingências:** na medida do possível, devem-se rever ao máximo de contingências envolvidas na geração e manutenção dos comportamentos. Os especialistas em comportamento

devem rever o processo, sempre que isto for possível, para introduzir aperfeiçoamentos no processo instrucional, sanando falhas e introduzindo mecanismos mais dinâmicos de manutenção do comportamento. A evolução tecnológica é um exemplo: o uso da Internet pode ser benéfico ou não, dependendo da forma como esta for utilizada. Muitas vezes, por medida de contingência o uso de aplicativos para Desktop é mais eficiente.

14 – **Reforço automático**: o próprio ambiente dos quadros deve ser um reforçador eficiente, de modo a manter o aluno interessado no curso. Isto implica em desenvolver um projeto atrativo e estimulante para o aluno, que fixe sua atenção no processo e evite a apatia. Esquemas que simulem situações competitivas - como jogos - funcionam muito bem neste sentido.

15 – **Feedback**: os quadros devem se comunicar com os alunos constante e rapidamente para reforçar o seu comportamento. O tempo de reação do Sistema é um fator importante. Quanto mais rápido a resposta for dada ao aluno, mais interessante para ele o processo parecerá.

16 – **Imprimação**: antes de o aluno começar seu curso, ele deve ser informado dos objetivos de seu trabalho, da estrutura de respostas aceitáveis e dos conceitos válidos. As informações que precedem o início das aulas devem ser amplamente esclarecedoras, de modo que o aluno saiba a que se destina o curso, qual o tema tratado e quais os tipos de respostas aceitáveis.

17 – **Itens errados:** o quadro deve apresentar respostas errôneas plausíveis, em desacordo com o comportamento desejado, de tal forma que o aluno perceba que elas estão “fora do lugar”, que não se enquadram no contexto, mas de forma relativamente sutil. Isto evita que a forma ou o conteúdo das respostas erradas sejam indicadores eficientes da resposta certa.

18 – **Motivação:** deve-se utilizar uma linguagem didática e motivadora, oferecendo informações em quantidades pequenas, mas consistentes. Dependendo da idade, nível social ou grau de instrução, a linguagem pode motivar ou exercer um efeito contrário. Desta forma, todos os itens devem ser concebidos para atuar sinergicamente em busca do condicionamento sustentado do comportamento operante do aluno, motivando-o na busca por novos desafios.

4.6 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA

O sistema proposto atua ensinando o aluno através de um processo de navegação guiada (inteligente). Isto significa que a rede neural utilizada controla todos os passos que o usuário pode dar durante o curso. Para traçar a estratégia de ensino que melhor se adapta às características do aluno, o software faz um levantamento de suas preferências psicológicas e estilos de

aprendizagem, com base nas regras de negócios pedagógicas armazenadas no banco de dados do tutor. O processo⁵ todo se desenvolve da seguinte maneira:

1) Em seu primeiro acesso, o aluno se cadastra no sistema, informando, entre outros dados, nome de usuário e senha de acesso. Em seguida, recebe as orientações iniciais [MAR 1969] e responde ao primeiro de três questionários preliminares, versando sobre suas habilidades ocupacionais. Um dos objetivos é coletar dados demográficos. O próximo questionário⁶ contém quarenta e quatro perguntas relativas a seu estilo de aprendizagem. O terceiro⁷ compõe-se de setenta questões, com duas alternativas de respostas, cada uma, onde são investigadas as características psicológicas dos indivíduos. Essas entradas são armazenadas na base de dados do Tutor, em forma de valores numéricos, e servem de parâmetro para a sua estratégia de tutoria (navegação).

2) Após os levantamentos iniciais, o aluno recebe sua primeira aula; e, durante todos os acessos futuros, participa de aulas correspondentes ao nível de desenvolvimento no qual se encontrar.

3) Todas as aulas se iniciam com um pré-teste sobre o conteúdo da matéria que será ministrada. São perguntas com respostas de múltipla escolha. Os resultados são armazenados e influenciam - juntamente com os valores obtidos na avaliação psicológica -, o julgamento do tutor ao determinar a melhor estratégia de ensino para o aluno.

4) Uma vez escolhido o melhor plano de curso, o Tutor inicia as aulas apresentando quadros contendo pequenos textos relacionados ao assunto que

⁵ Todos esses passos podem ser visualmente acompanhados através do Apêndice 1.

⁶ Questionário desenvolvido por Bárbara A. Salomon e Richard M. Felder, North Carolina University, USA, disponível no endereço <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>

⁷ Classificador de Keirse - Elaborado por David Keirse e Marilyn Bates. Disponível em <http://keirse.com>

deve ser ensinado. Estes itens são permeados de outros estímulos visuais auxiliares, capazes de levar o indivíduo a associar idéias e condicionar seu comportamento operante. O curso visa ensinar novos conceitos aos alunos, e a matéria está dividida em sete lições, cada uma relacionada a um novo conceito ou conjunto de conceitos. As lições são diagramadas em cinco níveis de dificuldade: **intermediário**; **facilitado**; **avançado**; **exemplos**; e, **perguntas e respostas** mais freqüentes.

As aulas sempre se iniciam no nível intermediário, e o aluno responde a um questionário específico para cada quadro apresentado, contendo cinco respostas possíveis, sendo uma **totalmente certa**; uma **parcialmente certa**; duas **totalmente erradas**; e, uma que indica o desconhecimento sincero do aluno sobre a matéria, associada à opção "**Não sei**". Todas geram entradas numéricas na Rede Neural: a resposta totalmente certa proporciona o valor 5; a parcialmente certa, o valor 1; as totalmente erradas, o valor -5 (menos cinco); e, a opção "Não sei", o valor zero.

Sempre que emite uma resposta, o aluno recebe um **feedback** sobre o seu desempenho. Caso escolha uma das respostas erradas, o sistema acusa o equívoco; se a resposta está parcialmente certa, o aluno é advertido de que a opção escolhida não é a melhor resposta; e, caso responda "Não sei", recebe uma mensagem agradecendo sua sinceridade. Contudo, em qualquer uma dessas situações, o aluno permanecerá preso à pergunta e não poderá passar à lição posterior. Somente se sua resposta for correta, ele passará à próxima fase. Apenas o valor da primeira resposta dada pelo aluno é armazenado. Dependendo do perfil do sujeito e do grau de acerto de suas respostas, ele pode ser conduzido a outros níveis da mesma lição, ou passar à lição posterior.

5) Após a aula, o aluno é novamente avaliado e suas notas finais são comparadas às notas obtidas no pré-teste. O objetivo é avaliar a sua retenção de conhecimentos (aprendizagem), e um **feedback** é emitido sobre seu desempenho. A intenção é conseguir um condicionamento sustentado do seu comportamento operante, de modo a que o aluno permaneça na busca por novos conhecimentos.

A eficiência do processo é mensurada através do resultado gerado pela Equação 1, onde **eficiência** (E) é uma relação direta entre a produtividade do aluno (P) e os recursos (R) utilizados.

$$E = \frac{P}{R} \quad (1)$$

4.7 SITUAÇÃO EXPERIMENTAL

O estudo dos mecanismos inerentes ao **processo ensino-aprendizagem** envolve a manipulação de uma quantidade consideravelmente grande de variáveis. Entretanto, visto ser objetivo desta pesquisa validar a tecnologia cibernética de Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos, baseada em redes neurais artificiais e regras de especialistas, proposta por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003], torna-se imperativo manter o

mesmo padrão de observação e restringir os estudos à análise das **características psicológicas e estilos de aprendizagem** dos indivíduos.

Assim, para levantar o perfil dos usuários, são utilizados dois questionários distintos, onde o “**Inventário de Tipos de Keirsey**” [KEI 1984] [KEI 1998] realiza a sondagem das **características psicológicas**; e, o “**Inventário de Estilos de Aprendizagem**”, de Felder [FEL 1998], pesquisa as **preferências de aprendizagem**. Paralelamente, também é empregado um questionário destinado a avaliar o nível de envolvimento prático dos participantes com o mundo da computação e suas habilidades tecnológicas - além de captar dados demográficos, como sexo, idade e escolaridade.

Martins [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] relatam experimentos de tutoria com **navegação guiada** em que é trabalhado o tema (domínio) “**Introdução ao Processamento de Dados**”, e demonstram ganho de aprendizagem consideravelmente superior aos processos **livre e aleatório**. No entanto, a partir dos resultados obtidos em sua validação empírica inicial, restaram dúvidas sobre a possibilidade da rede neural treinada ser reutilizada em outros domínios sem a necessidade de novos treinamentos. Desta forma, o trabalho aqui proposto investiga a possível adaptabilidade temática da RNA utilizada.

São introduzidos os conteúdos de dois domínios distintos na base de dados do software, e têm lugar novas sessões de experimentação. Os temas selecionados para domínios nos cursos ministrados pelo sistema tutor inteligente são “**Metodologia Científica**” e “**Ritmos Biológicos**”. O primeiro é escolhido por ser uma disciplina constante da grade curricular dos alunos dos cursos de Engenharia Elétrica e Engenharia de Computação da Universidade

Federal de Goiás, além de ser assunto amplamente dominado pela equipe de pesquisadores. O objetivo é utilizar o tutor como instrumento auxiliar no ensino de métodos e técnicas de pesquisa. O segundo é escolhido considerando o conhecimento da equipe técnica sobre o assunto, objetivando transmitir informações relativas à fisiologia do ciclo sono-vigília a alunos do curso de Ciências Aeronáuticas da Universidade Católica de Goiás.

A organização dos conteúdos e sua distribuição nos quadros seguem, principalmente, as sugestões de Skinner [SKI 1972], Muraro [MUR 1973] e Markle [MAR 1969]. Além disso, emprega-se uma **lista de requisitos**⁸ destinados a subsidiar o trabalho dos técnicos na elaboração dos conteúdos e na construção de quadros. O objetivo é apresentar estímulos e promover no aluno uma busca sustentada por conhecimentos, aumentando a efetividade do tutor. Outra meta é permitir a **reutilização** da rede neural e regras de especialistas sem a necessidade de novos treinamentos.

Ambos os conteúdos são distribuídos ao longo de sete aulas. Em cada uma delas, um ou mais conceitos são ensinados ao aluno. O arranjo dos conceitos obedece à disposição crescente de complexidade, partindo-se do conhecido para o desconhecido; do geral para o específico; do concreto para o abstrato.

São consideradas pelo menos duas formas de avaliar a aquisição de conhecimento (aprendizagem) do aluno: **ganho absoluto** e **ganho normalizado**. O primeiro procura medir a relação percentual existente entre a diferença das notas final e inicial, e a nota inicial (Equação 2). Este tipo de cálculo apresenta como resultado valores de ganhos bem maiores. No entanto,

⁸ Descrita no Capítulo 4.

pode gerar avaliações distorcidas, visto que alunos com notas iniciais maiores são penalizados em relação aos estudantes com notas iniciais menores. Assim, para corrigir eventuais desigualdades, é adotada a fórmula do ganho normalizado como indicador de melhoria do estudante. Neste cálculo, procura-se medir a relação existente entre a diferença das notas final e inicial, e a diferença entre a nota máxima possível, que é 10, e a nota inicial (Equação 3).

$$\text{GanhoAbsoluto} = \frac{\text{NotaPósTeste} - \text{NotaPréTeste}}{\text{NotaPréTeste}} * 100\% \quad (2)$$

$$\text{GanhoNormalizado} = \frac{\text{NotaPósTeste} - \text{NotaPréTeste}}{\text{NotaMáxima} - \text{NotaPréTeste}} * 100\% \quad (3)$$

No cenário experimental, os estudantes são informados sobre os objetivos do projeto e estimulados a preencher, inicialmente, três questionários para levantamento de perfil, onde são indagados sobre estilos de aprendizagem, tipos psicológicos e conhecimentos básicos de Informática. Uma vez definido o perfil de navegação do aluno, cada grupo é apresentado ao tema (domínio) proposto para o seu curso. A Figura 20 apresenta o esquema de definição do perfil dos alunos.

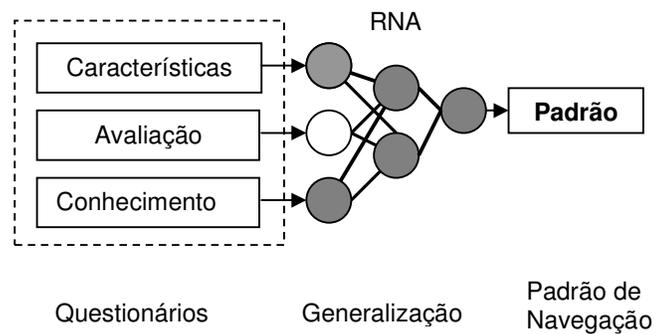


Figura 20 – Determinação do perfil dos alunos

Em todas as sessões, os alunos devem responder a um pré-teste específico contendo perguntas relativas aos conceitos inerentes à lição. Essas entradas são armazenadas para futura comparação com as respostas obtidas no teste final. Uma vez respondido o pré-teste, os alunos iniciam seus estudos. O material instrucional é apresentado em contextos, onde se trabalha pelo menos um novo conceito, e todos os contextos começam a ser estudados pelo nível intermediário de complexidade. Após a leitura do material, uma questão é apresentada, contendo cinco alternativas de respostas: uma completamente certa; duas completamente erradas; outra parcialmente correta; e, a quinta relaciona-se ao total desconhecimento do assunto por parte do aluno, expressa através da opção “Não sei”.

As entradas resultantes das respostas fornecidas pelos alunos são ponderadas pela rede neural artificial juntamente com os valores relativos ao seu perfil de navegação e o sistema decide para onde enviá-lo no passo seguinte. Ao final da aula, os alunos são avaliados novamente, com base em todo o conteúdo da sessão, e o resultado é comparado ao pré-teste para aferir o índice de melhoria do aprendizado, concretizado pelo ganho normalizado (Equação 3).

Finalizando o processo, o Tutor emite um **feedback** ao aluno, informando o seu grau de aproveitamento na aula.

4.8 CONCLUSÃO

O planejamento experimental eficiente implica em uma abordagem científica desde o seu planejamento até a emissão do relatório. A adoção desses critérios permite que os dados certos sejam coletados no menor tempo possível e com o mínimo de custos. Contudo, a coleta de dados eficiente e apropriada exige um planejamento de experimentos baseado em três princípios básicos: **réplica**, **aleatoriedade** e formação de **blocos**.

O sistema aqui proposto segue o planejamento científico experimental padrão e investiga o reemprego da rede neural artificial proposta por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] no ensino de conteúdos temáticos diversos, sem a necessidade de novos treinamentos. Os resultados

evidenciam um mecanismo eficiente e satisfatório, apontando para uma possibilidade sistemática de reutilização.

No capítulo a seguir, são apresentados os resultados obtidos com as experimentações, além das perspectivas de trabalhos futuros.

PARTE III

Análise dos Resultados

Capítulo 5

Experimentos e Resultados

“For certain types of problems, such as learning to interpret complex real-world sensor data, artificial neural networks are the most effective learning methods currently known”.

Tom Mitchell.

5.1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo apresentam-se as hipóteses consideradas no desenvolvimento do trabalho, ferramentas, indivíduos, e experimentos realizados com os temas “Metodologia Científica” e “Ritmos Biológicos”. A seguir, os resultados obtidos são confrontados aos achados de **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003]. A parte final está destinada à apresentação das conclusões do projeto e de possíveis projetos futuros.

5.2 HIPÓTESES

A hipótese principal deste trabalho é:

- **A elaboração criteriosa de conteúdos e a utilização de regras de especialistas são capazes de auxiliar uma rede neural artificial no ensino de conteúdos temáticos diferentes, com a mesma efetividade, eliminando a necessidade de treinamentos ulteriores e promovendo adaptabilidade temática.**

As hipóteses secundárias são:

- **Ocorrerá aprendizado** em ambos os cursos ministrados.
- A **taxa de aquisição** de conhecimento (ganho de aprendizagem) será **igual** nos dois grupos pesquisados.

Esquemáticamente:

1) Quanto à melhoria do aprendizado (aquisição do conhecimento):

H_0 : não há melhoria do aprendizado.

H_1 : há melhoria do aprendizado.

2) Quanto à homogeneidade dos grupos:

H_0 : Ambos os grupos fazem parte da mesma população.

H_1 : Os grupos são oriundos de populações diferentes.

3) Quanto à eficiência no ensino dos temas:

H_0 : STIH ensina ambos os temas com a mesma eficiência.

H_1 : STIH ensina ambos os temas com diferentes eficiências.

5.3 FERRAMENTAS

O software utilizado segue o projeto de análise original proposto por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003], alterando-se apenas a linguagem utilizada, migrando de Asp.Net para Visual Basic 6. Esta modificação implica na adoção da plataforma Desktop em detrimento da Web. A **rede neural artificial é reutilizada** sem alterações estruturais. No entanto, o conteúdo dos contextos sofre adaptações, deixando de lado o tema “**Introdução ao Processamento de Dados**” e trabalhando outros dois: “**Metodologia Científica**” e “**Ritmos Biológicos**”. O novo material é incluído em cópias separadas da base de dados original, substituindo o anterior, e os quadros são concebidos tendo em vista a apresentação de estímulos específicos relacionados aos assuntos abordados.

Os computadores empregados nos experimentos são equipados com processadores Pentium, com pelo menos 1 GHz de velocidade, e 1 GB de memória RAM. O sistema operacional utilizado é o Microsoft Windows XP Professional.

5.4 SUJEITOS

Os experimentos são realizados utilizando grupos distintos de indivíduos, aplicando os temas “**Metodologia Científica**” e “**Ritmos Biológicos**” separadamente, em períodos diferentes, conforme observado na Tabela 1:

Tabela 1 – Cronograma de execução dos experimentos

Tema	Período	Indivíduos
Metodologia Científica	Março/2007	28 alunos iniciantes do curso de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Goiás (UFG), matriculados na disciplina Metodologia Científica.
Ritmos Biológicos	Setembro/2007	11 alunos veteranos do curso de Ciências Aeronáuticas da Universidade Católica de Goiás (UCG)
Total		39 indivíduos

As experimentações contam com a **participação voluntária** dos alunos. Antes do início dos trabalhos, todos são informados sobre os objetivos do projeto. As aulas são ministradas individualmente, e os alunos não podem se comunicar entre si. Todos trabalham separados, um por computador.

5.5 CENÁRIO EXPERIMENTAL

As sessões do curso de “Metodologia Científica” são realizadas em um laboratório nas dependências da Escola de Engenharia Elétrica e de Computação da UFG. Constitui-se de uma sala climatizada contendo vinte e cinco computadores equipados com processadores Pentium III, de 1.8 GHz de velocidade; memória RAM de 512 MB e Sistema Operacional Windows XP. As

máquinas estão dispostas em duas filas, uma delas contendo doze máquinas e, a outra, treze. A distância que separa as máquinas é de aproximadamente cinquenta centímetros, de modo que os alunos possam trabalhar sem ter sua atenção desviada pela visão de detalhes dos computadores adjacentes. O conteúdo ministrado segue o plano de curso estabelecido para a disciplina na qual o aluno está matriculado. Com sua participação no experimento, o estudante recebe informações que ainda serão vistas posteriormente em sala de aula.

As sessões do curso de “Ritmos Biológicos” são realizadas em um laboratório de vôo simulado, na Área I do Campus I da UCG. Constitui-se de uma sala climatizada contendo dezoito computadores equipados com processadores Pentium III, de 1.8 GHz de velocidade; memória RAM de 2 GB e Sistema Operacional Windows XP. As máquinas estão dispostas ocupando as laterais do laboratório, contra três de suas paredes, de modo que os alunos fiquem todos de costas para o centro do recinto. A distância que separa as máquinas é de aproximadamente sessenta centímetros. Há divisórias separando os equipamentos, possibilitando que os alunos trabalhem sem ter sua atenção desviada pela visão de detalhes dos computadores adjacentes. O conteúdo ministrado não se relaciona a qualquer disciplina cursada pelos alunos. Com sua participação no experimento, os indivíduos recebem informações relativas à fisiologia do ciclo humano de vigília e sono.

5.6 EXPERIMENTOS

Para dar início aos trabalhos, todos alunos são cadastrados e definem nome e senha de acesso ao sistema. As sessões percorrem o seguinte roteiro:

1 - Em seu primeiro ingresso válido, os participantes são informados sobre as finalidades da pesquisa e recebem instruções iniciais a respeito do tema proposto e de como proceder durante o curso [MAR 1969]. Ao longo da experimentação, eles têm liberdade para escolher quando avançar para o próximo passo do processo. Dependendo da situação, o sistema tutor inteligente pode passar para o novo quadro.

2 – Os alunos respondem a questionários relativos às suas habilidades computacionais e dados demográficos; estilos de aprendizagem (Anexo 1) ; e, preferências psicológicas (Anexo 2). As entradas obtidas a partir destes formulários são convertidas em valores numéricos, salvas na base de dados e comparadas às regras simbólicas previamente armazenadas na estrutura do Sistema. Estas comparações dão origem ao perfil de navegação do usuário.

3 – Iniciam-se as aulas. Os alunos respondem a um **pré-teste** contendo perguntas relativas aos conceitos que serão vistos ao longo da sessão. Estas entradas são armazenadas para futura comparação com as respostas obtidas no **teste final**.

4 - O material instrucional é apresentado em quadros, iniciando-se pelo nível de complexidade intermediário, onde se trabalha no mínimo um novo conceito. Todos os quadros são permeados de estímulos suplementares que auxiliam - mas não influenciam - o aluno na elaboração de uma resposta.

5 - Após a leitura do material, o aluno pressiona um botão para continuar e o Sistema apresenta-lhe a pergunta relativa ao material ensinado, contendo cinco alternativas de respostas. Dentre esses itens, uma resposta está completamente certa, duas completamente erradas, uma parcialmente correta, e a quinta refere-se ao desconhecimento do aprendiz (“Não sei”). **Apenas a primeira resposta** é considerada para avaliação. No entanto, o aluno só pode passar para o próximo quadro se **responder corretamente** à pergunta formulada. Sempre que erra ou acerta parcialmente, é advertido sobre seu engano [SKI 1972].

6 - A entrada resultante da resposta do aluno é ponderada pela rede neural, juntamente com os valores obtidos em seu perfil de navegação, e o sistema decide para onde enviá-lo no passo seguinte. Ele tanto pode ir para o quadro que apresenta os próximos conceitos, quanto pode continuar estudando o mesmo assunto em outros níveis de complexidade, segundo a interpretação do Sistema Tutor Inteligente, que se baseia no perfil de navegação estabelecido. Este processo se repete até o final do curso, quando o aluno é avaliado novamente, com base em todo o conteúdo ensinado.

7 - O resultado da **avaliação final** é comparado ao **pré-teste** para aferir o índice de melhoria no aprendizado do aluno, concretizado pelo **ganho normalizado**.

8 – O Sistema emite um diagnóstico sobre o desempenho do aluno e encerra suas atividades.

5.7 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Para facilitar a descrição dos dados, as notas do **pré-teste** e **teste final** são denominadas “**N1**” e “**N2**”, respectivamente, e os resultados submetidos a análises estatísticas através do software SPSS⁹. Inicialmente, verifica-se que as curvas de distribuição das notas não apresentam suficiente normalidade (por meio do Teste de Levene - Figura 21 e Figura 22), impedindo o uso do teste T-Student, e apontando para a necessidade de utilização de exames estatísticos não-paramétricos, mantendo-se níveis de significância de 5% ($\alpha = 0,05$).

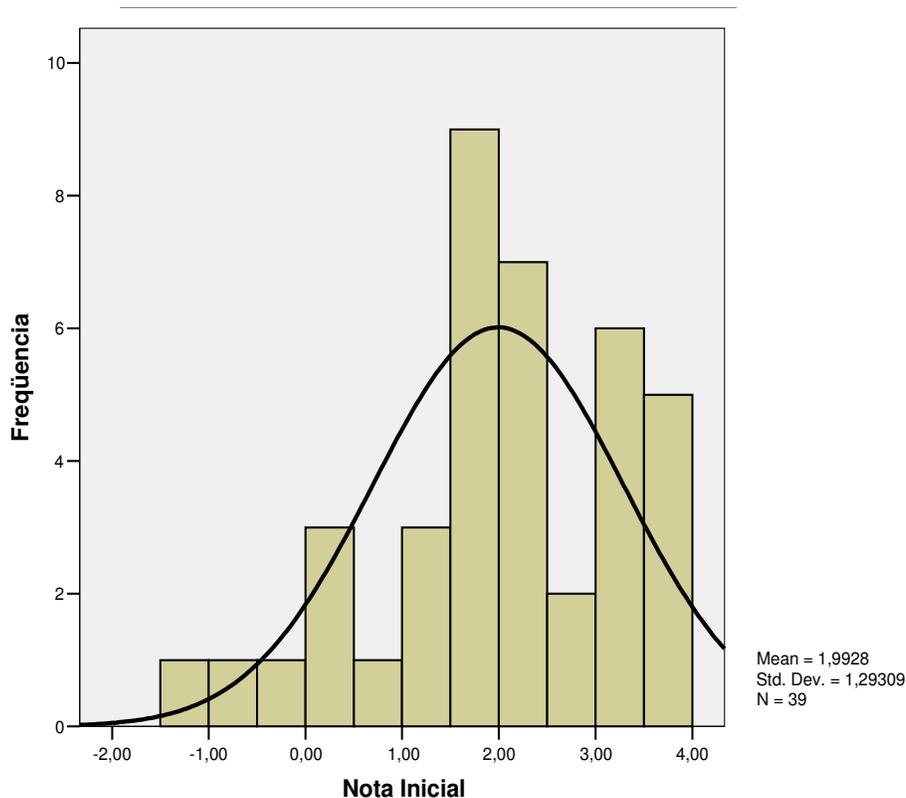


Figura 21 – Curva de distribuição das notas iniciais dos alunos

⁹ SPSS for Windows – Release 13.0 (1 Sep 2004).
Copyright © SPSS Inc., 1999 – 2004. All rights reserved.

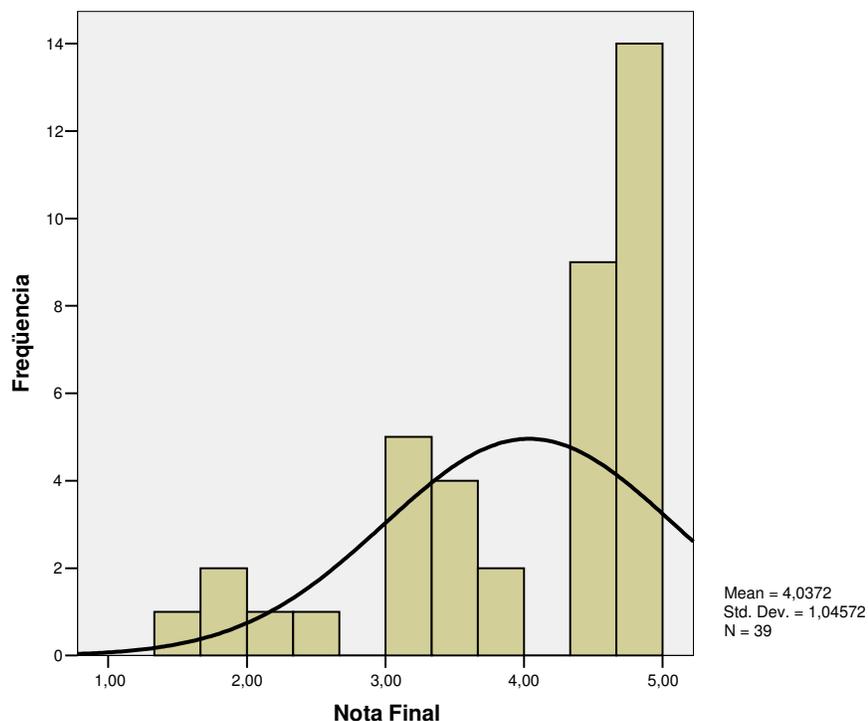


Figura 22 – Curva de distribuição das notas finais dos alunos

As médias obtidas, em todos os casos, baseiam-se no ganho normalizado. Primeiramente, são comparadas as notas médias iniciais e finais de cada um dos grupos, para verificar se há diferenças estatisticamente significativas que indiquem a aquisição de conhecimento (aprendizagem). Submetidas as notas do grupo de **“Metodologia Científica”** ao Teste de Séries Sinalizadas de **Willcoxon**, observa-se uma assimetria entre “N1” e “N2”, com **valor-p** (probabilidade das diferenças amostrais serem bem explicadas pelo simples acaso) **inferior a 0,001**. Isto leva à conclusão de que deve ser fortalecida a hipótese de “N2” ser maior do que “N1”. Isto sugere que realmente ocorreu melhoria na aprendizagem (Tabela 2).

Tabela 2 – Relação N1 e N2 em “Metodologia Científica”

Séries				
		N	Média da Série	Soma da Série
N2 – N1	Séries Negativas	2 ^a	1,50	3,00
	Séries Positivas	26 ^b	15,50	403,00
	Empate	0 ^c		
Total		28		

a N2 < N1

b N2 > N1

c N2 = N1

Analisando os resultados e os valores apresentados na Tabela 3, é possível afirmar com confiabilidade superior a **99,999%** que “N2” é maior do que “N1”.

Tabela 3 – Significância assintótica observada em “Metodologia Científica”

Teste Estatístico (b)

	N2 -N1
Z	-4,570 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000

Submetidas as notas do grupo de “**Ritmos Biológicos**” ao mesmo teste, obtém-se conclusão semelhante, baseada em **valor-p inferior a 0,004** (Tabela 4).

Tabela 4 – Relação N1 e N2 em “Ritmos Biológicos”

Séries				
		N	Média da Série	Soma da Série
N2 – N1	Séries Negativas	0 ^a	0,00	0,00
	Séries Positivas	11 ^b	6,00	66,00
	Empate	0 ^c		
Total		11		

a N2 < N1

b N2 > N1

c N2 = N1

Analisando os resultados e os valores apresentados na Tabela 5, é possível afirmar com confiabilidade superior a 99,996% que “N2” é maior do que “N1”.

Tabela 5 – Significância assintótica observada em “Ritmos Biológicos”

Teste Estatístico (b)

	N2 -N1
Z	-2,943 ^a
Asymp. Sig. (2-tailed)	,003

a Based on negative ranks.

Na comparação entre os dois cenários estudados, utiliza-se o **Teste Mann-Whitney** para avaliação das notas do pré-teste, teste final e ganho normalizado. Nas análises de **N1**, com confiabilidade superior a **95,55%** não se pode afirmar que os dois grupos pertencem à mesma população. Contudo, entre os conjuntos das notas **N2** e **Ganho Normalizado** foi observado um **valor-p** superior a **0,052** e **0,153**, respectivamente, sugerindo a hipótese de ambos os grupos terem-se beneficiado do processo de modo equivalente. Desta forma, não é possível refutar a hipótese de homogeneidade entre os grupos nas notas **N2** e **Ganho Normalizado** (Tabela 6 e Tabela 7).

Tabela 6 – Comparação entre os ganhos observados

Séries				
Notas	Grupos	Valores	Média da Série	Soma da Série
N1	Metodologia	28	22,28571429	624
	Ritmos	11	14,18181818	156
Total		39		
N2	Metodologia	28	22,14285714	620
	Ritmos	11	14,54545455	160
Total		39		
Ganho	Metodologia	28	21,58928571	604,5
	Ritmos	11	15,95454545	175,5
Total		39		

Tabela 7 – Comparação entre N1, N2 e Ganho Normalizado

Teste Estatístico^b

	N1	N2	Ganho
Mann-Whitney U	90,000	94,000	109,500
Wilcoxon W	156,000	160,000	175,500
Z	-2,018	-1,935	-1,424
Asymp. Sig. (2-tailed)	,044	,053	,154
Exact Sig. [2*(1-tailed Sig.)]	,046 ^a	,063 ^a	,167 ^a

a Not corrected for ties.

b Grouping Variable: Grupo

Através da comparação das notas e ganhos normalizados médios obtidos no trabalho de **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] com os registrados no presente estudo, observam-se resultados bastante promissores (Tabela 8).

Tabela 8 – Comparação dos resultados

	Referência		Presente Estudo	
	Melo	Meireles	Metodologia	Ritmos
N	31	31	29	11
Nota Inicial	3,92	3,72	6,48	5,26
Nota Final	7,21	7,29	9,13	8,31
Ganho	58,00	57,76	72,96	65,51

Resumidamente, são obtidos os seguintes resultados:

1 – No que diz respeito à aquisição de conhecimento por parte dos grupos, após terem sido submetidos ao Sistema Tutor Inteligente, há evidências suficientes para refutar H_0 , o que sugere fortemente a ocorrência de aprendizagem em ambos os grupos.

2 – No que diz respeito à homogeneidade dos grupos, não há evidências que possibilitem rejeitar H_0 , o que sugere que o método pode ter exercido influência equivalente sobre ambos os grupos, tornando-os uniformes.

3 – Quanto à eficiência do Tutor no ensino dos temas, não há evidências que possibilitem refutar H_0 , o que sugere que a RNA consegue se adaptar ao ensino de temas diversos (adaptabilidade temática), sem a necessidade de novos treinamentos, resguardadas as exigências da utilização de regras simbólicas e da distribuição dos contextos nos níveis de complexidade propostos.

5.8 CONCLUSÃO

A arquitetura de referência comporta-se satisfatoriamente, sem a necessidade de novos treinamentos para os temas propostos, principalmente com a utilização de quadros instrucionais efetivos. Observam-se melhoria na aprendizagem (aquisição de conhecimento), bem como o efeito uniformizador sobre ambos os grupos de indivíduos trabalhados com os novos cenários de “Metodologia Científica” e “Ritmos Biológicos”. Em comparação às notas e

ganhos obtidos por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003], os resultados sugerem que o desenvolvimento de conteúdos, associado ao uso de regras de especialistas e à elaboração de quadros instrucionais efetivos podem oferecer adaptabilidade temática a redes neurais treinadas, economizando recursos computacionais na elaboração de novos projetos.

Capítulo 6

Conclusão

“Aquele que atinge seu ideal, por isso mesmo o ultrapassa”.

Nietzsche.

6.1 INTRODUÇÃO

Este ensaio demonstra o experimento de validação da tecnologia proposta por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] para Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos baseados em Inteligência Artificial. A investigação utiliza requisitos de formatação de conteúdos e regras de especialistas como mecanismo para a geração de adaptabilidade temática na rede neural avaliada.

Para legitimar o processo, são elaborados dois cenários temáticos: “Metodologia Científica” e “Ritmos Biológicos”. O conteúdo original é excluído da base de dados. O novo material didático armazenado é apresentado aos alunos através quadros instrucionais dispostos em ordem crescente de

complexidade e abstração, trabalhando a capacidade humana para discriminar estímulos e generalizar situações, encadear comportamentos e elaborar conceitos.

As sessões de ensino são realizadas com dois grupos de alunos distintos, sujeitos ao modelo de navegação inteligente proposto, e sua avaliação de desempenho baseia-se no ganho normalizado resultante da relação existente entre a diferença das notas final e inicial, e a diferença entre a nota máxima possível e a inicial. Os resultados obtidos são analisados através de métodos não-paramétricos, considerando um nível de significância de 5%, e demonstram que a rede neural artificial empregada consegue ensinar os conteúdos pretendidos sem qualquer treinamento prévio, sugerindo a adaptabilidade pretendida.

Em comparação às notas obtidas no experimento original, as verificadas nesta pesquisa são superiores, sugerindo melhoria nos quadros instrucionais. As notas iniciais obtidas pelos grupos demonstram que os indivíduos provêm de segmentos distintos. Entretanto, as notas obtidas no teste final e as resultantes do ganho normalizado evidenciam que a aquisição de conhecimentos (aprendizagem) ocorreu em níveis semelhantes nos dois experimentos, sugerindo que o processo de tutoria inteligente pode ter exercido um efeito uniformizador em ambos os conjuntos de indivíduos.

6.2 PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

Esta investigação trata da adaptabilidade temática em redes neurais artificiais treinadas e da sua utilização na concepção de Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos mais robustos e dinâmicos. O uso de características psicológicas e preferências de aprendizagem como ferramentas auxiliares na determinação do perfil de navegação dos usuários já havia sido demonstrada por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003]. Contudo, após a validação empírica inicial, restaram dúvidas sobre a sua aplicabilidade em outros cenários sem a necessidade de novas coletas de dados e o treinamento de outra rede neural. O presente trabalho aborda tais questões e os resultados obtidos mostram-se promissores, sugerindo que os requisitos de formatação dos conteúdos favorecem o caráter adaptativo do sistema empregado (rede neural e regras de especialistas). Assim, dentre as principais contribuições deste trabalho, destacam-se:

- Proposta para uma **lista de requisitos** de desenvolvimento de conteúdos (Capítulo 4), objetivando promover adaptabilidade temática em Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos.
- Proposta para a elaboração de **quadros instrucionais efetivos** [MAR 1969].
- **Reutilização de redes neurais artificiais treinadas e regras de especialistas** para promover redução no custo computacional e economia de tempo no desenvolvimento de Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos.

- Aperfeiçoamento da interface proposta por **Martins** [MEA 2004], **Melo** [MEL 2003] e **Meireles** [MEI 2003] com a utilização de estímulos de contextualização dentro dos conteúdos.
- **Trabalho empírico** de implementação, coleta e análise de dados, sustentando estatisticamente os resultados obtidos.

6.3 TRABALHOS FUTUROS E SUGESTÕES

Os resultados obtidos a partir dos experimentos aqui relatados demonstram possibilidades que transcendem a proposta original deste trabalho.

Há espaço para estudos mais criteriosos sobre:

- O desenvolvimento de **quadros instrucionais efetivos**, destacando a distribuição dos estímulos visuais e textuais suplementares; o encadeamento das argumentações; estrutura da linguagem e vocabulário ideal para os diversos públicos-alvos.
- As **nuanças do comportamento operante** e sua correta estimulação para desenvolver padrões comportamentais auto-sustentados de busca pelo conhecimento.
- O desenvolvimento de **blocos experimentais** que avaliem os alunos em diversas situações experimentais, utilizando conteúdos temáticos diferentes, de modo a **minimizar** a influência de **ruídos** e avaliar com maior eficiência os efeitos dos fatores de interesse.

- O **efeito de uniformização** dos grupos desempenhado pelo Sistema Tutor Inteligente.

6.4 COMENTÁRIOS FINAIS

O uso generalizado de Sistemas Tutores Inteligentes segue um processo gradativo e consistente. A necessidade de educação ou sobrevivência impele os indivíduos na busca por ensino e treinamento profissional adequado, mas o uso de tecnologias auxiliares esbarra nas limitações da máquina em oferecer um tratamento personalizado ao usuário.

O desenvolvimento de softwares capazes de identificar as características e preferências individuais e prever esta diferenciação representa um avanço tecnológico a se considerar. Contudo, os custos computacionais relacionados à coleta de dados e ao treinamento da rede podem tornar inviável sua utilização em larga escala. Desta forma, os resultados obtidos neste trabalho trazem uma alternativa interessante para o desenvolvimento de Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos baseados em Inteligência Artificial, pois demonstram a viabilidade da arquitetura estudada e apontam para a possibilidade de reutilização de redes neurais artificiais treinadas e regras de especialistas como mecanismo cibernético inteligente de transmissão de conhecimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [ALE 2000] ALENCAR, W. S. Sistemas Tutores Inteligentes Baseados em Redes Neurais - Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) – UFG – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2000.
- [AUI 2007] AUINGER, Andreas. Content Productions for E-Learning in Engineering, Upper Austrian University, Austria, 2007.
Disponível em:
http://www.vdc-ellbach.de/DATA/File/Projekte/ELIE_gb.pdf.
Acesso em Março de 2007.
- [BAL 2005a] BALLONE, G. J. Delírios, In: PsiqWeb, 2005. Disponível em:
www.psiqweb.med.br. Acesso em Março de 2007
- [BAL 2005b] BALLONE, G. J. Antidepressivos atípicos, In: PsiqWeb, 2005.
Disponível em: www.psiqweb.med.br. Acesso em Março de 2007.
- [BAL 2005c] BALLONE, G. J. Melatonina, In: PsiqWeb, 2005. Disponível em:
www.psiqweb.med.br. Acesso em Março de 2007.
- [BAL 2005d] BALLONE, G. J. Serotonina, In: PsiqWeb 2005. Disponível em:
www.psiqweb.med.br. Acesso em Março de 2007.
- [BAL 2005e] BALLONE, G. J. Depressão, In: PsiqWeb, 2005. Disponível em:
www.psiqweb.med.br. Acesso em Março de 2007.

- [BER 1993] BERLINER, David C. The 100-year Journey of Educational Psychology – from interest, to disdain, to respect for practice. Washington, DC: American Psychological Association, 1993. Disponível em:
<http://courses.ed.asu.edu/berliner/readings/journey.htm>.
Acesso em Junho de 2007.
- [CAB 1972] CABRAL, Álvaro & OLIVEIRA, Eduardo Pinto de. Uma Breve História da Psicologia, Rio de Janeiro, 1972.
- [CAE 2005] CAETANO, D. Ansiedade e uso racional de benzodiazepínicos, In: PsiqWeb, 2005. Disponível em: www.psiqweb.med.br. Acesso em Março de 2007.
- [CAR 2002] CARVALHO, Sirlon Diniz. Mapas Auto-Organizáveis Aplicados a Sistemas Tutores Inteligentes - Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) – UFG – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2002.
- [CHI 1998] CHIAVENATO, Idalberto. Introdução à Teoria Geral da Administração. São Paulo: Makron Books, 1998.
- [COH 1995] COHEN, Paul R. Empirical methods for artificial intelligence, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1995.
- [COL 2006] COLOSIMO, Enrico Antônio. Análise de Sobrevivência Aplicada, São Paulo: Edgard Blücher, 2006.
- [CON 1972] CONTU, Paolo & OSÓRIO, Paulo. Anatomia funcional do sistema nervoso, Porto Alegre: UFRGS, 1972.

- [COS 2002] COSTA, Raimundo José Macário. Sistemas Tutores Inteligentes, 2002. Disponível em:
<http://www.nce.ufrj.br/ginape/publicacoes/trabalhos/MacarioMaterial/Sti.htm>. Acesso em Maio de 2007.
- [CRO 1960] CROWDER, N. Automatic Tutoring by Intrinsic Programming. In A. A. Lumsdaine and Robert Glaser, eds., Teaching Machines and Programmed Learning. Washington, D.C.: National Education Association., 1960
- [DUC 1972] DUCKWORTH, Walter Eric. Guia à pesquisa operacional, São Paulo: Atlas, 1972.
- [EYZ 1985] EYZAGUIRRE, Carlos. Fisiologia do sistema nervoso, 2.ed.,Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1985.
- [FEL 1988] FELDER, Richard. M. and SILVERMAN, Linda K. Learning and teaching styles in engineering education. In Engineering Education, Washington, DC, v.78, nº.7, p. 291-296, Apr. 1998,
- [FER 2006] FERNANDES, Regina Maria França. O sono normal. In: Simpósio: Distúrbios Respiratórios do Sono, capítulo 1, 2006. *On-line*. Disponível em:
http://www.fmrp.usp.br/revista/2006/vol39n2/1_o_sono_normal_1.pdf. Acesso em Maio de 2007.
- [GIR 1995] GIRAFFA, L. M. M. Fundamentos de Teorias de Ensino-Aprendizagem e sua Aplicação em Sistemas Tutores Inteligentes, Instituto de Informática UFRGS, Porto Alegre, 1995.
- [GIR 1997] GIRAFFA, L. M. M. e VICCARI, R. M. The Use of Agents Techniques on Intelligent Tutoring Systems, Faculdade de Informática PUCRS, Porto Alegre, 1997.

- [GIR 2002] GIRAFFA, L. M. M. e BOLZAN, W. Estudo comparativo sobre Sistemas Tutores Inteligentes Multiagentes Web, Faculdade de Informática, PUCRS, Technical Report Series, nº 24, Jul. 2004.
- [GUE 2004] GUELPELI, M. V. C., OMAR, Nizam, RIBEIRO, C. H. C. Aprendizado por Reforço para um Sistema Tutor Inteligente sem Modelo Explícito do Aprendiz, Internet, Revista Brasileira de Informática na Educação – v.12, nº 2, 2004, disponível em: <http://www.sbc.org.br/bibliotecadigital/?module=Public&action=PublicationObject&subject=0&publicationobjectid=52>. Acesso em Novembro de 2007.
- [HAY 2001] HAYKIN, Simon. Redes Neurais: princípios e prática, 2.ed., Porto Alegre, RS, Bookman, 2001.
- [HKU 2003] HKU SPACE. Content Engineering User Guide SOUL HKU School of Professional and Continuing Education, 2003. Disponível em: http://www.vdc-ellbach.de/DATA/File/Projekte/ELIE_gb.pdf. Acesso em Maio de 2007.
- [JUN 1976] JUNG, Carl Gustav, Psychological Types, trans. By H. G. Baynes, ver. By R.F.C. Hull. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1971 (originally published in 1921).
- [KEI 1984] KEIRSEY, D. and BATES, M. Please Understand Me – Character & Temperament Types, Intelligence. Prometheus Nemesis Book Company, USA, 1984.
- [KEI 1998] KEIRSEY, D. Please Understand Me II – Temperament, Character, Intelligence. Prometheus Nemesis Book Company, USA, 1988.
- [KOL 1984] KOLB, D. A. Experimental Learning: Experience as The Source of Learning and Development. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1984.

- [LAK 2003] LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica, 5.ed. – São Paulo, 2003.
- [LAR 1987] LARINI, Lourival. Toxicologia, São Paulo: Manole, 1987.
- [MAR 1969] MARKLE, Susan Meyer. Good frames and bad: A grammar of frame writing. New York, NY, John Wiley & Sons, Inc., 1969.
- [MEA 2003] MARTINS, W. et al. Espaços Psicológicos em Sistemas Tutores Inteligentes Conexionistas. Estudos, Goiânia, v. 30, nº. 5, p. 1151-1174, 2003.
- [MEA 2004] MARTINS, W. et al. Novel Hybrid Intelligent Tutoring System and Its Use of Psychological Profiles and Learning Style. Lecture Notes in Computer Science, Berlin, v. 3220, p. 830-832, 2004.
- [M&C 2003] MARTINS, W. & CARVALHO, S.D. Mapas Auto-organizáveis Aplicados a Sistemas Tutores Inteligentes. Anais do VI Congresso Brasileiro de Redes Neurais, São Paulo, p. 361-366, 2003.
- [M&P 2003] MINSKY, M.L. & PAPERT, S.S. Perceptrons: an introduction to computational geometry, MIT Press, Cambridge, MA 1969.
- [MEI 2003] MEIRELES, Viviane. Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos Baseados em Estilos de Aprendizagem - Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) – UFG – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.
- [MEL 2003] MELO, Francisco Ramos de. Sistemas Tutores Inteligentes Híbridos Baseados em Características Psicológicas - Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação) – UFG – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2003.

- [MIT 1997] MITCHELL, Tom. Machine Learning, New York, New York, WBC McGraw-Hill, 1997.
- [MOR 1973] MOREIRA, Mário Santos. Esquizofrenia Infantil, Rio de Janeiro: EPUME, 1986.
- [MDO 2006] MORGADO, Augusto C. de O. Análise Combinatória e Probabilidade, 8.ed., Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Matemática, 2006.
- [MUR 1973] MURARO, Luiz Inácio Tadeu. Formação Técnica em Instrução Programada, Petrópolis, RJ, Vozes, 1973.
- [MYE 1985] MYERS, I. B. and McCauley, M. H. Manual: A Guide to the Development and Use of the Myers-Briggs Type Indicator, Palo Alto, Ca., Consulting Psychologists Press, 1985.
- [MYE 1997] MYERS, I. B. And MYERS, P. B. Introdução à Teoria dos Tipos Psicológicos; Tradução e edição: Coaching Psicologia Estratégica. São Paulo, 1997.
- [PAS 2003] PASQUALI, L. Os tipos humanos: a teoria da personalidade. 1.ed., Petrópolis, RJ, 2003.
- [PET 2001] PETERS, James F. Engenharia de Software, Rio de Janeiro, RJ, Campus, 2001.
- [ROS 1958] ROSENBLATT, F. The Perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain, Psychological Review, v. 65, 1958.
- [RUS 2003] RUSSEL, Stuart J. & NORVIG, Peter. Artificial Intelligence – a Modern Approach, 2.ed., New Jersey, Prentice Hall, 2003.

- [SAN 1984] SANTOS, Jayme Bandeira. Manual de fisiologia nervosa, Salvador: UFBA, 1984.
- [SCH 1979] SCHIMDT, Robert F. Neurofisiologia, 4.ed., São Paulo: EPU, 1979.
- [SCH 1980] SCHIMDT, Robert F. Fisiologia Sensorial, São Paulo: EPU, 1980.
- [SCR 2004] SCHRAMM, Fermin Roland. A moralidade da prática de pesquisas nas ciências sociais: aspectos epistemológicos e bioéticos, pp. 773-784. Fiocruz, Rio de Janeiro, RJ, 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/csc/v9n3/a23v09n3.pdf>. Acesso em Janeiro de 2008.
- [SIL 2006] SILVA, Ana Paula Costa. Aplicações de Sistemas Tutores Inteligentes na Educação a Distância: possibilidades e limites - 4º Seminário ABED de Educação a Distância - UCB, Brasília - DF, 2006.
- [SKI 1972] SKINNER, Burrhus Frederic. Tecnologia do Ensino; tradução de Rodolpho Azzi. São Paulo, SP, Herder, 1972.
- [SOM 2003] SOMMERVILL, Ian. Engenharia de Software, 6.ed., São Paulo, RJ, Addison Wesley, 2003.
- [W&A 1996] WERKEMA, M.C.C & AGUIAR, S. Planejamento e Análise de Experimentos: como identificar as principais variáveis influentes em um processo, Belo Horizonte, MG, Série Ferramentas da Qualidade, Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1996.

[WOL 2004] WOLPERS, Martin e NEJDL, Wolfgang. European E-Learning: Important Research Issues and Applications Scenarios L3S Research Center and University of Hannover, 2004. Disponível em: <http://www.kbs.uni-hannover.de/Arbeiten/Publikationen/2004/im2004-nejdl-final.pdf>. Acesso em Junho de 2007.

ANEXOS

ANEXO 1: QUESTIONÁRIO DE ESTILOS DE APRENDIZAGEM

Questionário de Estilos de Aprendizagem¹⁰

Selecione “a” ou “b” para indicar sua resposta para cada uma das 44 perguntas abaixo. Por favor, escolha somente uma resposta para cada pergunta. Se ambos, “a” e “b” se aplicarem a você, escolha a opção que se aplica mais freqüentemente.

1 – Eu compreendo alguma coisa melhor depois que

- a) Tento fazê-la
- b) Penso sobre ela

2 – Eu poderia ser melhor considerado

- a) Realista
- b) Inovador

3 – Quando penso no que fiz ontem, mais provavelmente minha lembrança vem com

- Uma figura
- a) Palavras

4 – Minha tendência

- a) É entender os detalhes de um assunto, mas posso ficar confuso sobre sua estrutura global.
- b) É entender a estrutura global de um assunto, mas posso ficar confuso com seus detalhes.

5 – Quando estou aprendendo alguma coisa nova, me ajuda

- a) Falar sobre ela
- b) Pensar sobre ela

6 – Se eu fosse um professor, preferiria dar um curso

- a) Que lida com fatos e situações da vida real.
- b) Que lida com idéias e teorias

7- Eu prefiro obter nova informação em forma de

- a) Gravuras, diagramas, gráficos ou mapas.
- b) Instruções escritas ou informação verbal.

8 – uma vez que eu tenha compreendido

- a) Todas as partes, eu compreendo a coisa toda.
- b) A coisa toda, eu compreendo como as partes se encaixam.

¹⁰ Questionário de Estilos de Aprendizagem desenvolvido por Bárbara A. Salomon e Richard M. Felder, North Carolina University, USA, disponível no endereço <http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html>.

9 – Num estudo de grupo sobre um assunto difícil, eu mais provavelmente

- a) Me atiro no tema e contribuo com idéias.
- b) Me sento reclinado e escuto.

10 – Eu acho que é mais fácil

- a) Aprender fatos.
- b) Aprender conceitos.

11 – Em um livro com muitas figuras e gráficos, eu provavelmente

- a) Olho as gravuras e gráficos cuidadosamente.
- b) Foco no texto escrito.

12 – Quando soluciono problemas de matemática

- a) Eu usualmente trabalho do meu modo, buscando as soluções um passo de cada vez.
- b) Eu freqüentemente apenas vejo as soluções, mas, então, tenho que me esforçar para imaginar os passos para alcançá-las.

13 – Em aulas que tenho tido

- a) Eu usualmente tenho procurado conhecer muitos dos colegas.
- b) Eu raramente tenho procurado conhecer muitos dos colegas.

14 – Se vou ler não-ficção, eu prefiro

- a) Alguma coisa que me ensine novos fatos ou me diga como fazer alguma coisa.
- b) Alguma coisa que me dê novas idéias para pensar.

15 – Eu gosto dos professores

- a) Que colocam muitos diagramas no quadro.
- b) Que gastam muito tempo explicando.

16 – Quando eu estou analisando uma história ou novela

- a) Eu penso nos incidentes e tento juntá-los para imaginar os enredos.
- b) Eu só vou saber o que são os enredos quando eu termino a leitura e, então, volto aos incidentes que os demonstram.

17 – Quando eu começo um problema do dever de casa, eu mais provavelmente

- a) Começo trabalhando na solução imediatamente.
- b) Tento primeiro compreender o problema completamente.

18 – Eu prefiro a idéia de

- a) Certeza.
- b) Teoria.

19 – Eu recordo melhor

- a) O que eu vejo.
- b) O que eu escuto.

20 – Para mim, é mais importante um instrutor

- a) Prepare o material numa seqüência clara de passos.
- b) Dê-me uma visão global e relacione o material al outros assuntos.

21 – Eu prefiro estudar

- a) Num grupo de estudo.
- b) Sozinho.

22 – Mais provavelmente, eu sou considerado

- a) Cuidadoso com os detalhes do meu trabalho.
- b) Criativo ao fazer meu trabalho.

23 – Eu prefiro obter orientações sobre um novo lugar por meio de

- a) Um mapa.
- b) Instruções escritas.

24 – Eu aprendo

- a) Num compasso marcadamente regular. Se eu estudar com afinco, eu aprenderei.
- b) Aos trancos. Fico totalmente confuso e, então, a coisa toda se “ilumina”.

25 – Eu preferiria primeiro

- a) Tentar fazer as coisas.
- b) Pensar sobre como eu iria fazê-las.

26 – Quando estou lendo por diversão, eu gosto que os escritores

- a) Digam claramente o que eles querem dizer.
- b) B) digam coisas de modos interessantes, criativos.

27 – Tendo eu visto um diagrama ou um desenho em sala, mais provavelmente eu recordarei

- a) O diagrama.
- b) O que o professor disse sobre o diagrama.

28 – Ao considerar um conjunto de informações, mais provavelmente eu

- a) Presto atenção mos detalhes e perco o quadro maior.
- b) Tento compreender o quadro maior antes de ir aos detalhes.

29 – Eu recordo mais facilmente

- a) Alguma coisa que eu tenha feito.
- b) Alguma coisa que eu tenha pensado muito.

30 – Quando eu tenho que realizar uma tarefa, eu prefiro

- a) Dominar um modo de fazê-la.
- b) Implementar novos modos de fazê-la.

31 – Quando alguém me mostra dados, eu prefiro

- a) Tabelas ou gráficos.
- b) Texto resumindo os resultados.

32 – Ao escrever um artigo, eu mais provavelmente

- a) Trabalho (penso sobre ou escrevo) do começo do artigo e progrido adiante até o final.
- b) Trabalho (penso sobre ou escrevo) diferentes partes do artigo e, então, as ordeno.

33 – Quando eu tenho que trabalhar num projeto de equipe, eu quero primeiramente

- a) Passar por uma dinâmica do tipo “tempestade cerebral” onde todos contribuíram com idéias.
- b) Ter minha “tempestade cerebral” individualmente e, então, me agrupar para comparar idéias.

34 – Eu considero o mais alto elogio chamar alguém de

- a) Sensato.
- b) Imaginativo.

35 – Tendo encontrado pessoas numa festa, mais provavelmente recordarei o que

- a) Elas usavam.
- b) Elas disseram sobre elas mesmas.

36 – Quando estou aprendendo um novo assunto, eu prefiro

- a) Manter o foco naquele assunto, aprendendo o máximo que eu puder sobre ele.
- b) Tentar fazer conexões entre aquele assunto e assuntos relacionados.

37 – Mais provavelmente, eu sou considerado

- a) Atirado.
- b) Reservado.

38 – Eu prefiro cursos que enfatizam

- a) Material concreto (fatos, dados).
- b) Material abstrato (conceitos, teorias).

39 – Para me divertir, eu prefiro

- a) Assistir televisão.
- b) Ler um livro.

40 – Alguns professores começam suas conferências com um esboço do que eles cobrirão. Tais esboços são

- a) Algo úteis para mim.
- b) Muito úteis para mim.

41 – A idéia de fazer tarefa de casa em grupo, quando será dada uma mesma nota para o grupo inteiro,

- a) Me interessa.
- b) Não me interessa.

42 – Quando estou fazendo cálculos longos,

- a) Tendo a repetir todos os meus passos e checar meu trabalho cuidadosamente.
- b) Eu acho enfadonho checar meu trabalho e me forço a fazer isto.

43 – Eu tenho tendência a descrever lugares que tenha estado

- a) De modo fácil e com precisão acurada.
- b) Com dificuldade e sem muito detalhe.

44 – Quando resolvo problemas em um grupo, eu mais provavelmente poderia estar

- a) Pensando em passos do processo de solução.
- b) Pensando nas conseqüências possíveis ou aplicações da solução em uma série vasta de áreas.

Folha de Pontuação

1 – Coloque “1” (um) nos espaços apropriados da tabela abaixo (por exemplo, se você respondeu “a” na Questão 3, coloque “1” na Coluna “a” da Questão 3).

2 – Totalize as colunas e escreva os totais nos espaços indicados.

3 – Para cada uma das quatro escalas, subtraia o menor total do maior total. Escreva a diferença (de 1 a 11) e a letra (a ou b) com o maior total (por exemplo, se sob “ACT/REF” você tem 4 respostas “a” e 7 respostas “b”, então você escreverá “3b” na última linhada tabela sob aquele rótulo (3 = 7 – 4, e o total “b” foi o maior valor dos dois).

Quadro 4 – Folha de Pontuação

ACT/REF			SEM/INT			VIS/VRB			SEQ/GLO		
Q	a	b	Q	a	b	Q	a	b	Q	a	b
1			2			3			4		
5			6			7			8		
9			10			11			12		
13			14			15			16		
17			18			19			20		
21			22			23			24		
25			26			27			28		
29			30			31			32		
33			34			35			36		
37			38			39			40		
41			42			43			44		
Total (Some os X em cada coluna)											
ACT/REF			SEM/INT			VIS/VRB			SEQ/GLO		
a	b		a	b		a	b		a	b	
(Maior – Menor) + letra do Maior (veja abaixo)											

Exemplo: se você totalizou 3 para “a” e 8 para “b”, você colocará 5b.

Explicação da pontuação:

- Se seu escore numa escala é de 1 a 3, você tem uma **preferência tênue** por uma ou outra dimensão, mas você é essencialmente bem equilibrado (a). (Por exemplo, um “3a” na categoria CT/REF indica uma preferência tênue por aprendizagem ativa).

- Se seu escore numa escala é de 5 a 7, você tem uma **preferência moderada** por uma dimensão da escala e você aprenderá mais facilmente num ambiente de ensino que favorece tal dimensão.

- Se seu escore numa escala é de 9 a 11, você tem uma **preferência forte** por uma dimensão da escala. Você pode ter dificuldade real de aprendizagem num ambiente que não suporta tal preferência.

ANEXO 2: CLASSIFICADOR DE KEIRSEY¹¹

Questionário elaborado por David Keirsey e Marilyn Bates, composto de setenta questões com duas alternativas.

1 – Numa festa você

- a) Interage com muitos, incluindo estranhos.
- b) Interage com poucos, seus amigos.

2 – Você se considera mais

- a) Realista do que especulativo.
- b) Especulativo do que realista.

3 – É muito pior

- a) Ter a “cabeça nas nuvens”, ser sonhador.
- b) Ser escravo da rotina.

4 – Você é impressionado(a) por

- a) Princípios.
- b) Emoções.

5 – Você é mais atraído(a) pelo

- a) Conveniente.
- b) Comovente.

6 – Você prefere trabalhar

- a) Com prazos de entrega.
- b) Sem amarrações.

7 – Você tende a escolher

- a) Cuidadosamente.
- b) Impulsivamente.

¹¹ Disponível em <http://keirsey.com>.

8 – Nas festas você geralmente

- a) Permanece até tarde, com energia crescente.
- b) Retira-se mais cedo, com energia decrescente.

9 – Você se sente mais atraído(a) por

- a) Pessoas sensatas.
- b) Pessoas criativas.

10 – Você se interessa mais pelo

- a) Real.
- b) Possível.

11 – Ao julgar os outros, você se inclina mais para as

- a) Leis do que para as circunstâncias.
- b) Circunstâncias do que para a lei.

12 – Ao tratar com outras pessoas, você tende a ser mais

- a) Objetivo(a).
- b) Pessoal.

13 – Você é mais

- a) Pontual.
- b) Descompromissado(a).

14 – Incomoda-lhe mais ter as coisas

- a) Inacabadas.
- b) Concluídas.

15 – No seu grupo social você em geral

- a) Está a par do que acontece com os outros.
- b) Está por fora das novidades.

16 – Ao realizar as tarefas de rotina, você prefere fazê-las

- a) De maneira usual.
- b) Da sua própria maneira.

17 – Os escritores deveriam

- a) Dizer as coisas com clareza.
- b) Expressar as idéias com o uso de analogias.

18 – Você é mais atraído(a)

- a) Pela coincidência das idéias.
- b) Pelas relações humanas harmoniosas.

19 – Você se sente mais confortável fazendo julgamentos baseados

- a) Na lógica.
- b) Em valores pessoais.

20 – Você prefere as coisas

- a) Negociadas e decididas.
- b) Não negociadas e indefinidas.

21 – Você se definia como mais

- a) Sério(a) e firme.
- b) Condescendente.

22 – Ao telefonar, você

- a) Está seguro(a) de que dirá tudo o que precisa.
- b) Ensaia de antemão o que irá dizer.

23 – Os fatos

- a) “Falam por si mesmos”.
- b) Ilustram princípios.

24 – Os visionários

- a) Aborrecem.
- b) Fascinam.

25 – Você é mais freqüentemente uma pessoa

- a) Calculista.
- b) Acolhedora.

26 – É pior ser

- a) Injusto(a).
- b) Impiedoso(a).

27 – Usualmente, deve-se permitir que as coisas aconteçam

- a) Por seleção e escolha cuidadosa.
- b) Fortuitamente e ao acaso.

28 – Você se sente melhor

- a) Depois de ter comprado, adquirido.
- b) Tendo a opção de comprar.

29 – Na companhia de outras pessoas, você

- a) Inicia a conversação.
- b) Espera ser abordado(a).

30 – O senso comum é

- a) Raramente questionável.
- b) Frequentemente questionável.

31 – Com freqüência, as crianças

- a) Não se fazem úteis o suficiente.
- b) Não exercitam suficientemente a imaginação.

32 – Ao tomar decisões, você se sente mais confortável seguido

- a) As normas.
- b) A intuição.

33 – Você se considera mais

- a) Firme do que gentil.
- b) Gentil do que firme.

34 – Você considera mais admirável a habilidade

- a) Para se organizar e ser metódico(a).
- b) A habilidade para se adaptar e ser maleável.

35 – Você valoriza mais o

- a) Fechado, definido.
- b) Aberto, com opções.

36 – Uma interação nova e pouco rotineira com outras pessoas

- a) O(a) estimula e revigora.
- b) Consome as suas reservas de energia.

37 – Você é, mais freqüentemente,

- a) Uma pessoa do tipo prático.
- b) Uma pessoa do tipo fantasioso.

38 – Você tem uma maior propensão a ver

- a) Como as outras pessoas são úteis.
- b) Como os outros os vêem.

39 – É mais satisfatório

- a) Discutir um assunto a fundo.
- b) Chegar a um acordo sobre um assunto.

40 – O que mais comanda você é

- a) A sua cabeça.
- b) Seu coração.

41 – Você se sente mais à vontade com um trabalho

- a) Que siga um acordo pré-estabelecido.
- b) Que se desenvolva sem um plano estabelecido.

42 – Você tende a buscar

- a) Sistemático.
- b) Imprevisto.

43 – Você prefere

- a) Muitos amigos com contatos superficiais.
- b) Poucos amigos com contatos intensos.

44 – Você se deixa guiar mais pelos

- a) Fatos.
- b) Princípios.

45 – Você se interessa mais por

- a) Produção e distribuição.
- b) Projeto e pesquisa.

46 – É mais elogioso ser considerado(a)

- a) Uma pessoa muito lógica.
- b) Uma pessoa muito sentimental.

47 – Você se valoriza mais por ser

- a) Decidido(a), firme.
- b) Dedicado(a), devotado(a).

48 – Com mais frequência, você prefere

- a) Uma afirmação final e inalterável.
- b) Uma afirmação preliminar e provisória.

49 – Você se sente mais confortável

- a) Depois de tomar uma decisão.
- b) Antes de tomar uma decisão.

50 – Com ou para pessoas que você não conhece, você

- a) Conversa longamente e com facilidade.
- b) Tem pouco a dizer.

51 – Você confia mais em

- a) Sua experiência.
- b) Sua intuição.

52 – Você se considera

- a) Mais prático(a) do que criativo(a).
- b) Mais criativo(a) do que prático(a).

53 – Você aprecia mais em outra pessoa

- a) A clareza do raciocínio.
- b) A força dos sentimentos.

54 – Você está mais inclinado(a) a ser

- a) Justo(a), imparcial.
- b) Compreensivo.

55 – Na maioria das vezes, é preferível

- a) Ter certeza de que esteja tudo acertado.
- b) Deixar que as coisas simplesmente aconteçam.

56 – Nos relacionamentos, a maior parte das coisas deveriam ser

- a) Renegociáveis.
- b) Casuais e circunstanciais.

57 – Quando o telefone toca, você

- a) Se apressa para atender primeiro.
- b) Espera que alguém atenda.

58 – Você aprecia mais em si mesmo(a)

- a) Forte senso de realidade.
- b) A imaginação viva.

59 – Você se sente mais atraído(a)

- a) Pelos fundamentos
- b) Pelas implicações.

60 – Parece-lhe pior ser muito

- a) Apaixonado(a), veemente.
- b) Objetivo(a).

61 – Você se vê, basicamente, como

- a) Cabeça-dura.
- b) Coração-mole.

62 – Atrai-lhe mais uma situação

- a) Estruturada e programada.
- b) Não estruturada e imprevista.

63 – Você se considera uma pessoa mais

- a) Rotineira do que original.
- b) Original do que rotineira.

64 – Você tende a ser uma pessoa

- a) De fácil aproximação.
- b) Algo reservada.

65 – Você prefere textos

- a) Mais literais.
- b) Mais figurativos e simbólicos.

66 – É mais difícil para você

- a) Identificar-se com os outros.
- b) Utilizar-se dos outros.

67 – Você prefere possuir

- a) A clareza da razão.
- b) A força da compaixão.

68 – É maior defeito

- a) Não saber discernir.
- b) Ser crítico.

69 – Você prefere os acontecimentos

- a) Planejados.
- b) Imprevistos.

70 – Você se considera uma pessoa mais

- a) Ponderada e cuidadosa do que espontânea.
- b) Espontânea do que cuidadosa e ponderada.

FOLHA DE RESPOSTAS

Após a realização do teste, as respostas às questões devem ser tabuladas conforme o exemplo ilustrado na folha de respostas do Quadro 7. Cada coluna agrupa um número de questões que fará a definição do tipo. As respostas “a” e “b” são contabilizadas ao final de cada coluna. Após as somas de cada coluna, o valor maior define a letra de cada dicotomia. No exemplo, o primeiro par de colunas, que deu 6 e 4 fica como está. Os resultados do segundo, quarto e sexto pares são transportados para baixo dos resultados dos pares de número 3, 5 e 7, respectivamente, e somados. Os valores finais são transformados em percentagens e transferidos para o quadrinho dos tipos. O resultado revela uma pessoa ESFP. A discriminação entre J e P é forte, enquanto que a discriminação entre T e F é fraca. Às vezes, pode ocorrer um empate; por exemplo, o resultado de T/F poderia ter sido 50/50. Nesse caso, o tipo é simbolizado por ESXJ, com o X identificando o vetor sem discriminação clara.

Quadro 5 – Folha de Respostas do teste de Keirsey

1			2						3						4					
	a	b		a	b		a	b		a	b		a	b		a	b			
1	X		2	X		3	X		4		X	5		X	6		X	7	X	
8	X		9	X		10	X		11		X	12		X	13		X	14	X	
15		X	16	X		17	X		18		X	19	X		20		X	21		X
22		X	23		X	24		X	25	X		26	X		27		X	28		X
29		X	30		X	31		X	32	X		33		X	34	X		35		X
36	X		37	X		38	X		39	X		40	X		41		X	42		X
43		X	44	X		45	X		46		X	47		X	48		X	49	X	
50	X		51	X		52		X	53	X		54	X		55	X		56		X
57	X		58		X	59	X		60		X	61		X	62		X	63		X
64	X		65	X		66		X	67		X	68	X		69		X	70		X
Σ	6	4	Σ	7	3	Σ	6	4	Σ	4	5	Σ	5	5	Σ	2	8	Σ	3	7
	↓	↓		↓	↓	→	7	3		↓	↓	→	4	5		↓	↓	→	2	8
	6	4				+	13	7				+	9	11					5	15
%	60	40					65	35					45	55					25	75

E	1	S	N	T	F	J	P
60	40	65	35	45	55	25	75

ANEXO 3: TIPOLOGIA MYERS-BRIGGS¹²

INTROVERTIDOS			EXTRAVERTIDOS	
TIPO MBTI	TIPO JUNG		TIPO MBTI	TIPO JUNG
ISTJ	IS(T)		ESTP	ES(T)
ISTP	IT(S)		ESTJ	ET(S)
ISFJ	IS(F)		ESFP	ES(F)
ISFP	IF(S)		ESFJ	EF(S)
INFJ	IN(F)		ENFP	EN(F)
INFP	IF(N)		ENFJ	EF(N)
INTJ	IN(T)		ENTP	EN(T)
INTP	IT(N)		ENTJ	ET(N)

ENFJ – “PEDAGOGO”

O tipo **ENFJ** é composto dos elementos extroversão, intuição, sentimento e julgamento. Proeminente líder de grupos, é receptivo e respeitável, podendo apresentar uma nova proposta ou liderar um debate grupal com facilidade e tato. Procura tratar as coisas com a devida consideração para com os sentimentos das pessoas. São excelentes comunicadores, líderes naturais que sabem motivar e persuadir os outros. É consciencioso, metódico e resoluto. Não perdem de vista seus objetivos e espera que os outros façam o mesmo. Gosta de trabalhar com pessoas criativas e vivazes num ambiente ativo, desafiador, e que tenha atividades variadas. Quando confrontado com reveses, consegue

¹² Disponível em <http://www.myersbriggs.org/>

encara-los como um novo desafio. Rápido para executar tarefas, está sempre com pressa; tende a ficar impaciente e frustrado com a lentidão.

ENFP – “JORNALISTA”

O tipo **ENFP** é composto dos elementos extroversão, intuição, sentimento e percepção. É capaz de fazer quase qualquer coisa que o interesse, e geralmente pode encontrar fortes razões para justificar qualquer coisa que queira. Sabe se comunicar muito bem e inspirar ações. Valoriza a liberdade e a autonomia. Costuma confiar mais em sua capacidade de improvisação do que em preparo anterior. Possui uma imaginação rica e uma grande agilidade mental. Pode estar indo em uma direção num momento e, no outro, seguir o caminho inverso.

ENTJ – “GUARDIÃO”

O tipo **ENTJ** é composto dos elementos extroversão, intuição, pensamento e julgamento. Sua energia básica é dirigida para liderar. Geralmente é bom em quase tudo que exija raciocínio lógico e comunicação inteligente. Costuma ser bem informado e gosta de aumentar sempre seu conhecimento sobre as coisas. Movimenta-se com naturalidade na direção de posições que lhe permitam tomar a dianteira e mobilizar recursos para atingir objetivos ambiciosos. Aprecia a confrontação e gosta de se envolver em intercâmbios intelectualmente estimulantes. Encara os obstáculos como desafio; fica atento à resolução dos problemas, tira conclusões e segue em frente. Monta um plano de ação para realizar as tarefas e consegue finaliza-las antes do previsto. Busca estratégias para conseguir o que quer. Não aceita ser convencido, a não ser por argumentação razoável e coerente. É engenhoso e competente para resolver problemas complexos.

ENTP – “INVENTOR”

O tipo **ENTP** é composto dos elementos extroversão, intuição, pensamento e percepção. É inovador e engenhoso para inventar novas maneiras de fazer as coisas; tem uma excelente habilidade analítica e expediente para resolver problemas desafiadores, especialmente os teóricos. Gosta de mudança e variedade e resiste a fazer qualquer coisa que o limite, aprisione ou aborreça. Gosta de enfrentar riscos e está atento a todas as possibilidades. Valoriza a liberdade e a independência. Tende a voltar-se para um novo interesse a cada instante. É habilidoso para encontrar razões lógicas para qualquer coisa que queiram, mas pode negligenciar atribuições de rotina.

ESFJ – “VENDEDOR”

O tipo **ESFJ** é composto dos elementos extroversão, sensação, pensamento e julgamento. É o mais sociável de todos os tipos. Gosta de fazer as coisas de modo organizado e rotineiro. É solidário e diligente em tarefas organizacionais e não se desvia das regras sociais. Seu maior interesse é por coisas que afetam direta e visivelmente a vida das pessoas. Não gosta de lidar com problemas em bases teóricas ou filosóficas.

ESFP – “ANFITRIÃO”

O tipo **ESFP** é composto dos elementos extroversão, sensação, pensamento e percepção. Emana entusiasmo e otimismo. É polido, engenhoso, inteligente e muito generoso. Dá-se melhor em situações que necessitem bom senso e habilidade prática. Tem senso prático e gosta de novas experiências. Enfatiza o positivo.

ESTJ – “ADMINISTRADOR”

O tipo **ESTJ** é composto dos elementos extroversão, sensação, pensamento e julgamento. Sua maior habilidade está na administração. Está mais voltado para o ambiente externo que o cerca e é de muita

responsabilidade. São bons para tomar decisões objetivas e esforçam-se para atingir seus objetivos. Gostam de enfrentar desafios e sabem como conseguir o que querem. É prático e realista e não se interessa por assuntos para os quais não vê uso, mas pode aplicar-se a eles quando necessário.

ESTP – “PROMOTOR”

O tipo **ESTP** é composto dos elementos extroversão, sensação, pensamento e percepção. É altamente competitivo, empreendedor e negociador por excelência. Procura tirar proveito das situações, resolvendo de modo imediato problemas objetivos. Aprecia coisas mecânicas e esportes. Não gosta de longas explicações. Prefere lidar com coisas reais que podem ser manuseadas, montadas e desmontadas. Gosta de enfrentar riscos, desafios e aventuras. Usam a lógica para resolver os problemas concretos e chegam rapidamente ao âmago das questões. Têm ótima memória para registrar fatos. Trabalham bem sob pressão. Seguem as regras apenas quando elas servem para fazê-los chegar aonde querem. Gostam de ocupações agitadas e estressantes que envolvam resistência, força e risco.

INFJ – “AUTOR”

O tipo **INFJ** é composto dos elementos de introversão, intuição, sentimento e julgamento. É um tipo sensível, profundo e algumas vezes místico. Sua personalidade complexa é sempre intrigante para os outros e também para ele próprio. É sério ao considerar valores pessoais e convicções. Tem imaginação e vida interior rica e valoriza a integridade pessoal. O maior esforço é voltado para o trabalho, onde o faz melhor em ambiente pouco agitado. Consciente e preocupado com os outros, é notado pelos seus firmes princípios e tende a liderar um grupo por suas claras convicções de como melhor servir o bem comum.

INFP – “PROCURADOR”

O tipo **INFP** é composto dos elementos introversão, intuição, sentimento e percepção. Tem uma alta capacidade para atenção e possui um alto senso de honra, derivado de valores internos. Detesta regras, ordens, planejamentos e prazos. Gosta de aprender e estar envolvido em projetos próprios. Valorizam a autonomia, não gostam de interrupções e preferem fazer as coisas isoladamente para ter certeza de que serão feitas direito. Conseguem trabalhar pacientemente em tarefas complexas. Têm convicções apaixonadas e perseguem idéias.

INTJ – “CIENTISTA”

O tipo **INTJ** é composto dos elementos de introversão, intuição, pensamento e julgamento. É o mais seguro e pragmático de todos os tipos. Um construtor de sistemas e implementador de modelos teóricos. Independente e individualista, tem muita perspicácia e visão. É hábil em criar teorias e métodos. Estimula a si mesmo e aos outros para alcançar seus objetivos e auto-desenvolvimento. É engenhoso e criativo ao resolver problemas. Geralmente tem idéias originais e grande motivação para concretizá-las. Quando está atuando em áreas de seu interesse, possui excelente força para organizar uma tarefa e concluí-la sem auxílio. Prefere fazer coisas a seu modo.

INTP – “ARQUITETO”

O tipo **INTP** é composto dos elementos introversão, intuição, pensamento e percepção. Valoriza a precisão no pensar e no falar. Para ele, é importante ser preciso e conciso. Tem uma vida interior bastante rica de pensamentos e idéias. Sua curiosidade é dirigida à busca do entendimento do Universo. Aprecia atividades teóricas ou científicas. Gosta de resolver problemas através de análise lógica.

ISFJ – “CONSERVADOR”

O tipo **ISFJ** é composto dos elementos introversão, sensação, sentimento e julgamento. Frequentemente trabalha nos bastidores, ajudando os outros. Demonstra respeitar a ética profissional e completa suas tarefas nos prazos. Seu interesse não é técnico, mas relacional. Tem excelente memória para detalhes. É muito caprichoso, leal, auto-disciplinado e atencioso. Age de acordo com o esperado e não questiona a maneira convencional de fazer as coisas.

ISFP – “ARTISTA”

O tipo **ISFP** é composto dos elementos introversão, sensação, sentimento e percepção. Interessado nas artes finas, expressa-se primeiramente através de ação ou na forma de arte. Seu sentido é mais aguçado do que os outros tipos. Paciente, sabe aceitar as coisas como são e não faz julgamentos. Geralmente evita desavenças e não impõe aos outros suas opiniões e valores. É modesto e não aprecia liderar, porém é fiel seguidor. Pode ser um pouco lento na realização de tarefas, por gostar de apreciar o momento presente e não querer estragá-lo com excessiva pressa. Vive no presente e aprecia as coisas simples da vida. É muito exigente consigo mesmo e busca a perfeição. Sente-se encurralado por regras excessivas, estruturas inflexíveis e burocracia. Lida melhor com o que é mais urgente no momento. Pode se sentir sobrecarregado pela própria indecisão, falta de direção e desorganização.

ISTJ – “FIDUCIÁRIO”

O tipo **ISTJ** é composto dos elementos introversão, sensação, pensamento e julgamento. Geralmente é calado e sério, buscando atividades que exijam concentração e minuciosidade. Gosta de atividades práticas e lógicas onde estejam bem claros “o que é” e “como de vê-se fazer”. Procura manter todas as suas atividades muito bem organizadas e aceita trabalhos que

exijam altos graus de responsabilidade. Dedicam-se a uma atividade de maneira disciplinada e realista. Tem facilidade de concentração.

ISTP – “ARTESÃO”

O tipo **ISTP** é composto de elementos de introversão, sensação, pensamento e percepção. De ação impulsiva, para ele, a vida deveria ser seguir os impulsos em lugar de propósitos. As pessoas deste tipo preferem mais agir que conversar. Gostam de aventura e desafios. Resolvem bem as crises. Saem-se bem em trabalhos com ferramentas, máquinas ou quaisquer outros que requeiram habilidade manual. Acumulam informações e acontecimentos na memória. Interessados em causa e efeito e em como e por que as coisas mecânicas funcionam, dedicam-se a organizar fatos e coisas, utilizando princípios lógicos e práticos. São quietos; isolam-se para observar os acontecimentos.

Na pesquisa de Melo e Meireles os tipos identificados se distribuíram na seguinte proporção:

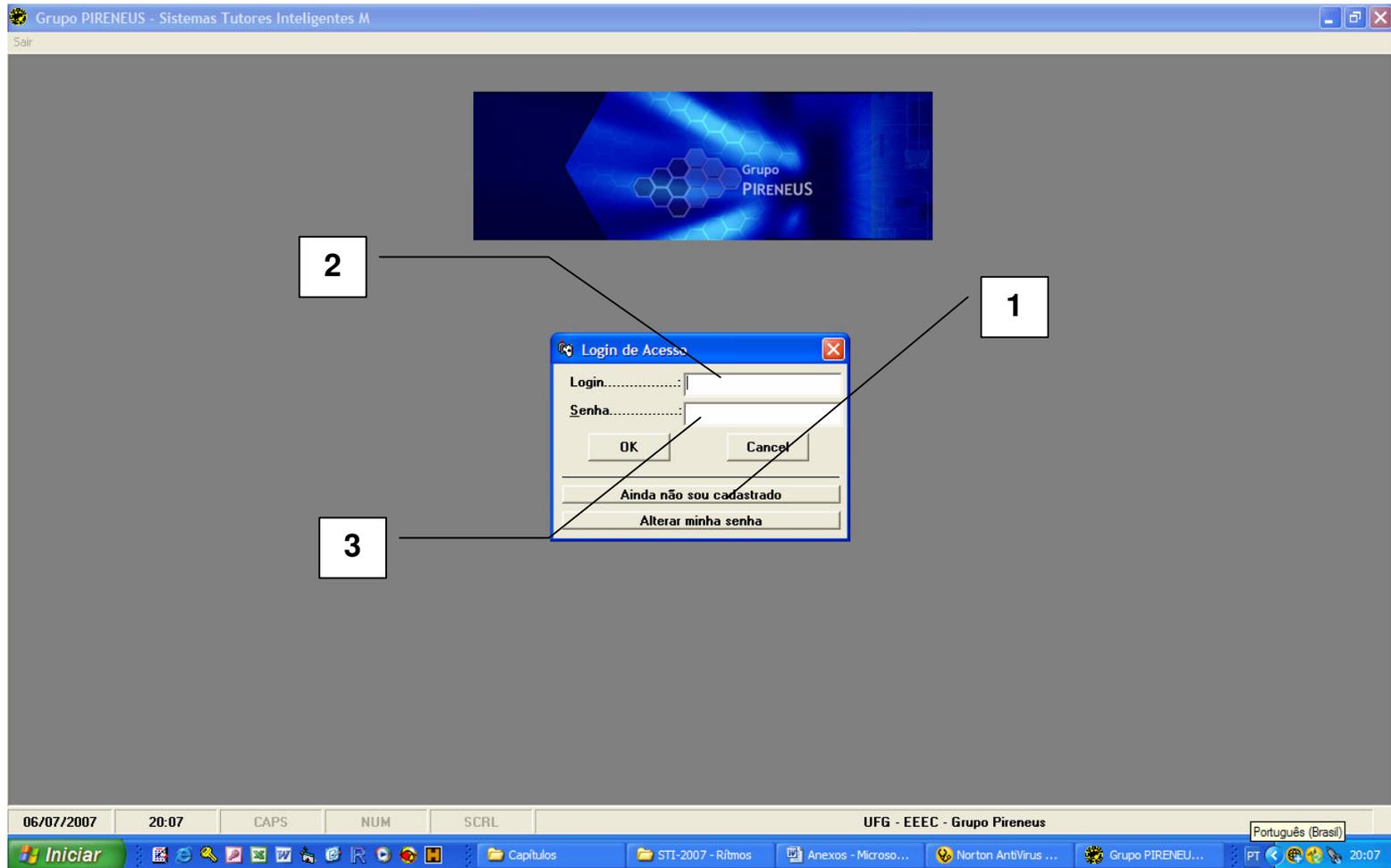
Tipo	Proporção (%)	Tipo	Proporção (%)
ENFJ (PEDAGOGO)	5	INFJ (AUTOR)	1
ENFP (JORNALISTA)	5	INFP (PROCURADOR)	1
ENTJ (GUARDIÃO)	5	INTJ (CIENTISTA)	1
ENTP (INVENTOR)	5	INTP (ARQUITETO)	1
ESFJ (VENDEDOR)	13	ISFJ (CONSERVADOR)	6
ESFP (ANFITRIÃO)	13	ISFP (ARTISTA)	5
ESTJ (ADMINISTRADOR)	13	ISTJ (FIDUCIÁRIO)	1
ESTP (PROMOTOR)	13	ISTP (ARTESÃO)	5

APÊNDICES

APÊNDICE 1: SISTEMA AVALIADO

Para aumentar o controle das sessões, o Sistema Tutor é convertido para plataforma Windows, utilizando a linguagem de programação Visual Basic, versão 6.0. Todavia, fica mantida a mesma rede neural utilizada por **Melo & Meireles** [Mel 2003] [MEI 2003], integralmente, visto ser a avaliação de sua estrutura diante de novos conteúdos o objeto de estudos desta pesquisa.

A tela inicial do Sistema apresenta um formulário de **Login**, o qual é desenvolvido para atender a vários objetivos. Durante o primeiro contato do aluno com o Sistema, ele pode acionar o botão “Ainda não sou cadastrado” (1). Após esse cadastramento, deve digitar seu **login** (2) e senha (3) para ter acesso aos demais formulários.



Login de Acesso.

A tela de cadastramento possui campos cujo acesso é exclusivo dos administradores, muito embora sejam visíveis aos alunos. Ao cadastrar-se, o indivíduo deve informar seu nome (4) Telefone (5) e e-mail (6) para que os administradores possam entrar em contato e apresentar-lhes um relatório sobre o trabalho executado. Além dessas informações, o aluno deve digitar um **login** (7) e senha (8) que serão utilizados em seus acessos ao Sistema. Para evitar coincidências nestes campos, foi determinado aos alunos que seu número de matrícula na UFG e UCG deveriam ser usados como **login**. A senha ficava a critério de cada um.

Grupo PIRENEUS - Sistemas Tutores Inteligentes M

Sair

Píreus - STI - Cadastro de Usuários

Níveis
1 - Administradores
2 - Outros Usuários

Nome do Usuário

Telefone(s) para contato:

E-Mail:

Login de Acesso: Senha:

Escolha uma dessas letras:
 E P X

Nível.....: 2

Última Lição Trabalhada.....: 0

Cadastrar Novo

Salvar Dados

Excluir

Sair

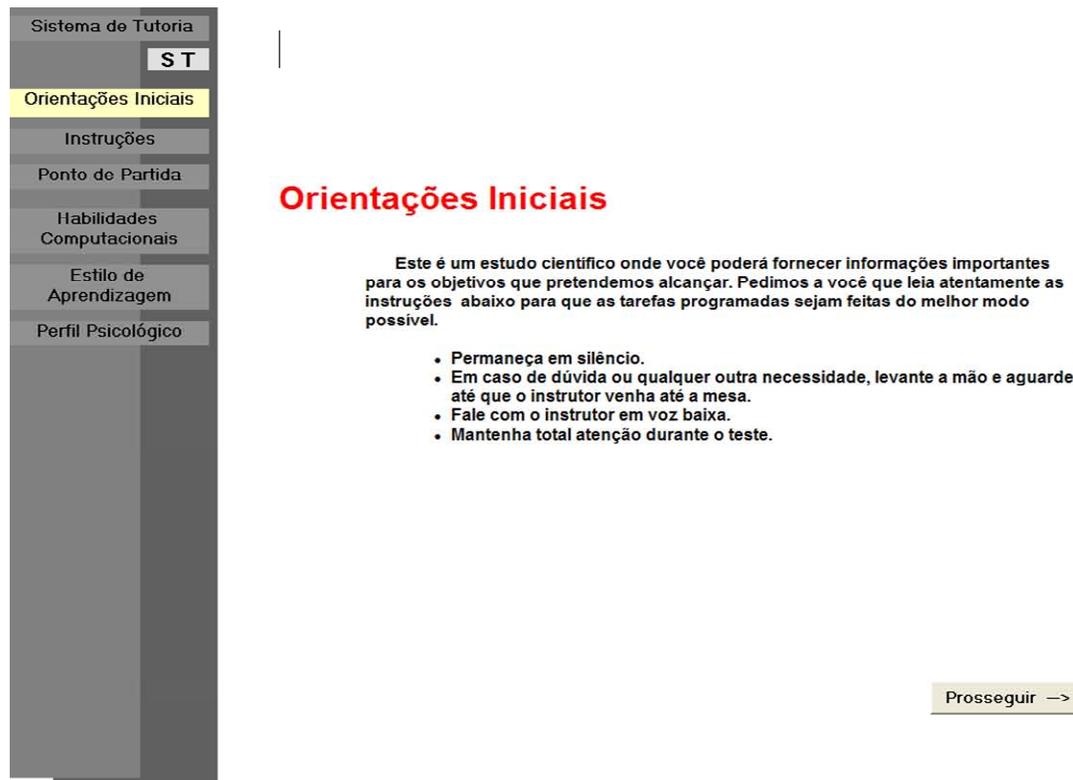
06/07/2007 20:13 CAPS NUM SCRL UFG - EEEC - Grupo Píreus

Iniciar

Capítulos STI-2007 - Rítmicos Anexos - Microso... Norton AntiVirus ... Grupo PIRENEU... PT 20:13

Tela de Cadastro.

Após o cadastramento, o aluno é redirecionado à tela de **Login** e pode, então, dar início aos seus trabalhos. Em seu primeiro acesso, ele é conduzido a uma tela de instruções gerais sobre os objetivos e o método utilizado pela pesquisa. As informações são fornecidas passo a passo.



Sistema de Tutoria

ST

Orientações Iniciais

Instruções

Ponto de Partida

Habilidades Computacionais

Estilo de Aprendizagem

Perfil Psicológico

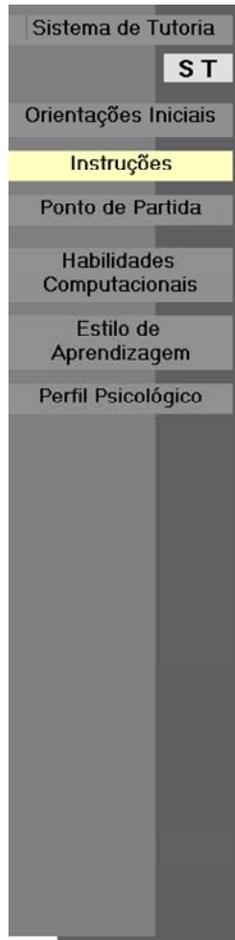
Orientações Iniciais

Este é um estudo científico onde você poderá fornecer informações importantes para os objetivos que pretendemos alcançar. Pedimos a você que leia atentamente as instruções abaixo para que as tarefas programadas sejam feitas do melhor modo possível.

- Permaneça em silêncio.
- Em caso de dúvida ou qualquer outra necessidade, levante a mão e aguarde até que o instrutor venha até a mesa.
- Fale com o instrutor em voz baixa.
- Mantenha total atenção durante o teste.

Proseguir ->

Telas de informações iniciais.



Instruções

Uma série de perguntas será apresentada a você. Cada pergunta tem várias opções, mas apenas uma única poderá ser escolhida. Verifique o exemplo abaixo:

Ex.: Você é mais

- pontual
- descompromissado(a)

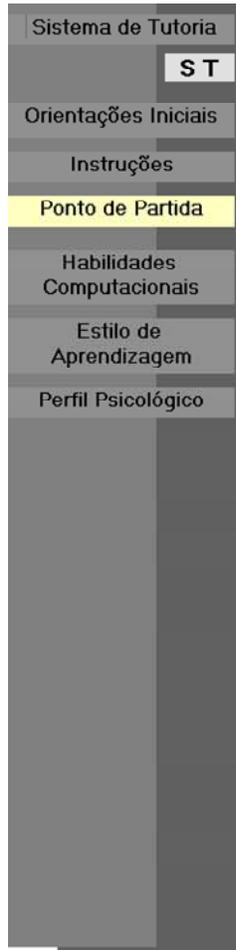
Clique sobre a alternativa escolhida (ativa) para confirmar sua resposta.

Após a confirmação da resposta, o sistema apresentará a próxima pergunta, e assim por diante até o final.

Desistir

Iniciar

Instruções iniciais: estímulos formais e temáticos.



Ponto de Partida

Ao final do experimento, levante a mão, aguarde o instrutor ir até sua mesa e informe o fim da tarefa.

Novamente, queremos ressaltar que **suas informações pessoais serão mantidas em sigilo** e, especificamente, **não serão divulgadas** sem o seu consentimento.

Agradecemos sua participação e valiosa contribuição.

Prof. Weber Martins
Coordenador
Grupo de Pesquisa PIRENEUS
Escola de Engenharia Elétrica e de Computação
Universidade Federal de Goiás

Prosseguir →

Acordo de trabalho e agradecimento à colaboração.

Sistema de Tutoria
ST
Orientações Iniciais
Instruções
Ponto de Partida
Habilidades Computacionais
Estilo de Aprendizagem
Perfil Psicológico

Importante

- Este questionário contém alguns itens relativos a situações que a maioria das pessoas experimenta no dia a dia.
- Cada item deve ser lido cuidadosamente.
- Escolha a alternativa mais apropriada a sua situação.
- Responda as questões de acordo com sua intenção imediata.
- Não gaste muito tempo em uma questão.
- O importante é a sua primeira reação, e não uma profunda consideração sobre qual é a resposta mais correta.

Prosseguir →

Últimas instruções.

Iniciando os trabalhos: o questionário sobre habilidades computacionais contém 17 perguntas.

The image shows a screenshot of a web-based questionnaire interface. On the left side, there is a vertical navigation menu with several items: 'Sistema de Tutoria', 'ST', 'Orientações Iniciais', 'Instruções', 'Ponto de Partida', 'Habilidades Computacionais' (highlighted in yellow), 'Estilo de Aprendizagem', and 'Perfil Psicológico'. The main content area is titled 'Habilidades Computacionais' and contains the question: 'Normalmente, por quanto tempo você utiliza computadores?'. Below the question are four radio button options: 'Várias horas no dia', 'Poucas horas no dia', 'Algumas vezes na semana', and 'Algumas vezes no mês'. At the bottom of the interface, there is a 'Confirmar' button and a circular indicator showing '1 de 17'.

Sistema de Tutoria

ST

Orientações Iniciais

Instruções

Ponto de Partida

Habilidades Computacionais

Estilo de Aprendizagem

Perfil Psicológico

Habilidades Computacionais

Normalmente, por quanto tempo você utiliza computadores?

- Várias horas no dia
- Poucas horas no dia
- Algumas vezes na semana
- Algumas vezes no mês

Confirmar

1 de 17

Formulário para coleta de dados – Habilidades Computacionais.

O questionário sobre estilos de aprendizagem contém 44 itens.

The image shows a software interface for a learning style questionnaire. On the left is a vertical navigation menu with the following items: Sistema de Tutoria, ST (highlighted), Orientações Iniciais, Instruções, Ponto de Partida, Habilidades Computacionais, Estilo de Aprendizagem (highlighted in yellow), and Perfil Psicológico. The main content area is titled "Estilo de Aprendizagem" and contains the question "Eu compreendo alguma coisa melhor depois que" followed by two radio button options: "tento fazê-la." and "penso sobre ela.". At the bottom of the interface, there is a "Confirmar" button and a circular progress indicator showing "1 de 44".

Formulário para coleta de dados – Estilos de Aprendizagem.

O questionário sobre o perfil psicológico do aluno contém 70 itens.

Sistema de Tutoria

ST

Orientações Iniciais

Instruções

Ponto de Partida

Habilidades Computacionais

Estilo de Aprendizagem

Perfil Psicológico

Perfil Psicológico

Numa festa você

- interage com muitos, incluindo estranhos**
- interage com poucos, seus conhecidos**

Confirmar

1 de 70

Formulário para coleta de dados – Perfil Psicológico.

Após a coleta de dados inicial, os alunos são dispensados, para não sobrecarregá-los. No encontro seguinte o formulário de acesso identifica o estágio em que o aluno parou e o direciona para a lição correspondente.

No caso dos alunos da Universidade Federal de Goiás – UFG -, é ensinado o conteúdo referente a conceitos básicos de “Metodologia Científica”. Aos alunos da Universidade Católica de Goiás – UCG – são ensinados tópicos sobre “Ritmos Biológicos”. O objetivo é ensinar o mecanismo do ciclo vigília-sono. Cada curso é composto de sete contextos. Antes de ser iniciada a aula, os alunos são submetidos a uma avaliação prévia, constituída de sete perguntas.

Sistema de Tutoria

ST

Avaliação Inicial

Ritmos Biológicos

Ritmos Circadianos

Ciclo Vigília-Sono

Neuroanatomia do sono

Fisiologia do sono

Bioquímica do sono

Fases do sono

O que são ritmos biológicos?

- São ciclos periódicos.
- São ciclos que afetam a vida dos animais, plantas, fungos e bactérias.
- São os ritmos mais apropriados à dança do ser humano (homens e mulheres)
- São os ritmos mais apropriados à dança do ser humano (só para mulheres)
- Não sei.

1 de 7

Confirmar

Avaliação inicial dos alunos de Metodologia Científica.

Sistema de Tutoria

ST

Avaliação Inicial

Ritmos Biológicos

Ritmos Circadianos

Ciclo Vigília-Sono

Neuroanatomia do sono

Fisiologia do sono

Bioquímica do sono

Fases do sono

O que são ritmos biológicos?

- São ciclos periódicos.
- São ciclos que afetam a vida dos animais, plantas, fungos e bactérias.
- São os ritmos mais apropriados à dança do ser humano (homens e mulheres)
- São os ritmos mais apropriados à dança do ser humano (só para mulheres)
- Não sei.

1 de 7

Confirmar

Avaliação inicial dos alunos de Ritmos Biológicos.

Neste ponto são apresentados os quadros instrucionais com os contextos propostos. Segue exemplo de “Ritmos Biológicos”

Sistema de Tutoria

ST

Avaliação Inicial

Ritmos Biológicos

Ritmos Circadianos

Ciclo Vigília-Sono



Ritmos Biológicos

Todo ser vivo tem um **tempo certo** para nascer, crescer, se reproduzir e morrer. Tudo tem um **ritmo certo**. É esse **ritmo** que diz como e quando as coisas devem acontecer em nossas vidas. Cada ser vivo, desde a mais simples **bactéria**, até os **fungos, plantas e animais** - como o **Homem** -, **todos** nós possuímos um **ritmo biológico de vida**. No Homem, por exemplo, existem vários tipos de **ritmos biológicos**.

Existem fenômenos que só acontecem na nossa infância, como a capacidade de processar o leite ingerido; outros ocorrem a partir da nossa adolescência, como o crescimento dos pêlos pubianos; e outros, ainda, ocorrem somente na fase adulta, como o enrugamento da pele.

Alguns **eventos** são assim mesmo: têm **ritmo bastante lento e amplo**; outros acontecem em tempo menor, como a menstruação da mulher, que ocorre num **ritmo** aproximado de 28 dias; e, há, ainda, aqueles que ocorrem todos os dias, como as necessidades biológicas de dormir e acordar, comer e evacuar. Dessa forma, toda a **nossa vida é controlada por ritmos biológicos**; todos nós possuímos **diversos ritmos biológicos**: um para cada fenômeno que acontece **periodicamente** em nossas vidas.




Prosseguir >>>

Quadro Instrucional de Ritmos Biológicos.

Após a apresentação de cada quadro, um questionário específico sobre os conceitos ensinados é apresentado.

The image shows a screenshot of a tutorial system interface. On the left is a vertical sidebar menu with the following items: 'Sistema de Tutoria', 'ST', 'Avaliação Inicial', 'Ritmos Biológicos' (highlighted in yellow), 'Ritmos Circadianos', 'Ciclo Vigília-Sono', 'Neuroanatomia do sono', 'Fisiologia do sono', 'Bioquímica do sono', and 'Fases do sono'. The main area contains a question: 'O que são ritmos biológicos?' followed by five radio button options: 'São aqueles que a gente tem mais afinidade para dançar.', 'São ritmos que controlam a vida dos homens.', 'São ritmos que controlam a vida de diversos seres vivos, inclusive o Homem.', 'São ritmos cadenciados de tempo da música.', and 'Não sei.'. At the bottom right, there is a 'Confirmar' button and a circular progress indicator showing '1 de 7'.

Um dos sete questionários específicos de Ritmos Biológicos.

Combinando e ponderando os pesos relacionados ao perfil do aluno com os obtidos em suas respostas, o Sistema Tutor Inteligente pode entrar em vários níveis de contexto. Ao final do processo, é apresentado um teste final contendo perguntas sobre todos os conceitos ensinados, composto de sete perguntas.

The screenshot displays a tutoring system interface. On the left is a vertical navigation menu with the following items: 'Sistema de Tutoria', 'ST', 'Avaliação Inicial', 'Ritmos Biológicos', 'Ritmos Circadianos', 'Ciclo Vigília-Sono', 'Neuroanatomia do sono', 'Fisiologia do sono', 'Bioquímica do sono', and 'Fases do sono'. The 'ST' item is highlighted in yellow. The main area on the right contains a question: 'Como você acha que os ritmos biológicos influenciam a vida do seres vivos?'. Below the question are five radio button options: 'Regulando as etapas certas de suas vidas,para garantir maior sobrevivência da espécie.', 'Regulando as suas atividades fisiológicas.', 'Mostrando qual ritmo melhor se adapta à dança do acasalamento.', 'Dando ritmo às músicas.', and 'Não sei'. At the bottom of the interface, there is a 'Confirmar' button and a circular progress indicator showing '1 de 7'.

Teste final de Ritmos Biológicos.

Finalizando o processo, o Sistema Tutor Inteligente faz perguntas ao aluno sobre a atividade realizada, procurando captar informações a respeito do seu grau de satisfação. São apenas quatro perguntas.

The screenshot displays a tutoring system interface. On the left is a vertical navigation menu with the following items: 'Sistema de Tutoria', 'Avaliação Inicial', 'Ritmos Biológicos', 'Ritmos Circadianos', 'Ciclo Vigília-Sono', 'Neuroanatomia do sono', 'Fisiologia do sono', 'Bioquímica do sono', and 'Fases do sono'. The 'Sistema de Tutoria' item is highlighted with a yellow background and contains the letters 'ST'. The main area of the interface shows a question: 'Como você classifica a tarefa que acabou de realizar?'. Below the question are five radio button options: 'Muito desinteressante', 'Desinteressante', 'Não tenho opinião', 'Interessante', and 'Muito interessante'. At the bottom right of the main area, it says '1 de 4'. At the bottom center, there is a 'Confirmar' button.

Questionário sobre o índice de satisfação.

Antes de encerrar as atividades, o Sistema Tutor Inteligente apresenta um **feedback** ao aluno com a sua nota inicial (pré-teste) e final.

The screenshot displays the ITS interface. On the left is a vertical menu titled "Sistema de Tutoria" with a "ST" logo. The menu items are: Avaliação Inicial, Ritmos Biológicos, Ritmos Circadianos, Ciclo Vigília-Sono, Neuroanatomia do sono, Fisiologia do sono, Bioquímica do sono, and Fases do sono. The main area contains the question: "Na sua opinião, quanto você acha que foi seu índice de aproveitamento no curso que acabou de realizar?". A dialog box titled "Atenção!" is overlaid, containing the text: "Agradecemos a sua colaboração. Durante o pré-teste, você obteve nota 3,14. Após seus estudos, a nota obtida foi 10." The dialog box has an "OK" button. At the bottom of the main area is a "Confirmar" button. The page number "4 de 4" is visible in the bottom right corner of the dialog box area.

Tela de **feedback** ao aluno.