

USO DE TÉCNICAS INTELIGENTES PARA ANÁLISE DE AVALIAÇÕES DO
TRANSTORNO DO DÉFICIT DE ATENÇÃO/HIPERATIVIDADE EM UM JOGO
COMPUTACIONAL

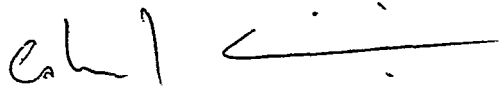
Leila Cristina Vasconcelos de Andrade

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DA COORDENAÇÃO DOS PROGRAMAS
DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE
JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO
GRAU DE DOUTOR EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE SISTEMAS E
COMPUTAÇÃO.

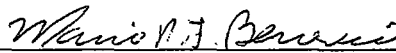
Aprovada por:



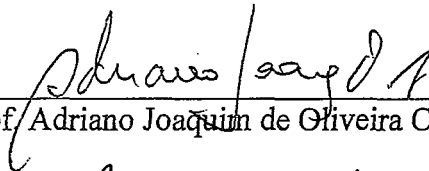
Prof. Luis Alfredo Vidal de Carvalho, D.Sc.




Prof. Josefino Cabral Melo Lima, Ph.D.



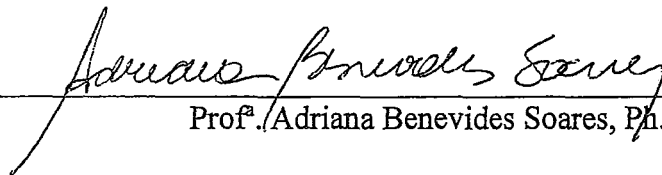
Prof. Mario Roberto Folhadela Benevides, Ph.D.



Prof. Adriano Joaquim de Oliveira Cruz, Ph.D.



Prof. Paulo Eduardo Luiz de Mattos, D.Sc.



Prof. Adriana Benevides Soares, Ph.D.



Prof. Flávia Maria Santoro, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

NOVEMBRO DE 2007

ANDRADE, LEILA CRISTINA VASCONCELOS DE

Uso de Técnicas Inteligentes para Análise de
Avaliações do Transtorno do Déficit de
Atenção/Hiperatividade em um Jogo Computacional
[Rio de Janeiro] 2007

IX, 111 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc.,
Engenharia de Sistemas e Computação, 2007)

Tese - Universidade Federal do Rio de
Janeiro, COPPE

1. Jogo Neuropsicológico
2. Déficit de Atenção/Hiperatividade
3. Jogos Computacionais
4. Técnicas Inteligentes

I.COPPE/UFRJ II.Título (série)

Dedicatória

Dedico esse trabalho a toda minha família, em especial a meu filho Leonardo Luiz Andrade Rocha, meu grande companheiro e incentivador, à minha irmã Ângela Cristina Vasconcelos de Andrade Rabello, sempre tão amiga e presente em todos os momentos, e aos meus pais Umberto Vasconcelos de Andrade e Lenir Machado Vasconcelos de Andrade, que sempre me serviram de exemplo de dedicação e de fé inabalável.

Agradecimentos

A realização deste trabalho é fruto de uma longa caminhada – repleta de ideais, incertezas, dedicação e muita cooperação. Ao olhar para trás, torna-se mais nítido o sentimento de gratidão que sinto por todas as pessoas que, até mesmo sem saber, ajudaram a transformar meu sonho em realidade.

Agradeço de forma especial aos meus orientadores, os professores Josefino Cabral Melo Lima e Luis Alfredo Vidal de Carvalho, pois, sem suas brilhantes, visionárias e pertinentes orientações esse trabalho não seria concretizado.

Muitas pessoas participaram de forma intensa em diferentes etapas dessa jornada de vários anos de pesquisa, mas sem a cooperação do Dr. Paulo Eduardo Luiz de Mattos, professor de psiquiatria e coordenador do Grupo de Estudos do Déficit de Atenção (GEDA) do Instituto de Psiquiatria da UFRJ, esse trabalho não seria possível.

Agradeço à equipe de jogos da PUC-Rio, aos alunos de graduação do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da UNIRIO, aos alunos de graduação em Bacharelado em Ciência da Computação da UFRJ e aos alunos de mestrado em Informática do IM/NCE da UFRJ que contribuíram em diferentes etapas do trabalho de pesquisa.

Minha eterna gratidão ao professor Carlo Emmanoel Tolla de Oliveira, do Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) da UFRJ, uma criatura de imensa grandeza de coração, cuja cooperação na análise dos dados da pesquisa utilizando Redes Bayesianas fez com que os resultados alcançados fossem muito além das minhas expectativas.

Agradeço ao amigo Bruno Grieco, mestre em informática pelo IM-NCE UFRJ e especialista em jogos pela PUC-Rio, a cooperação na confecção na versão final do Jogo do Supermercado e na análise neurofuzzy. Sua ajuda foi inestimável.

Agradeço à Luciane de Souza Velasque, estatística da Fundação Oswaldo Cruz, pela cooperação laboração na análise estatística realizada no trabalho.

Obrigada, meu amado filho Leonardo Luiz Andrade Rocha, por você existir e ser fonte inesgotável de alegria, incentivo e amor. Você fez parte dessa jornada desde tenra idade e sempre foi muito compreensivo. Agradeço pelas muitas e pertinentes “dicas” que você me deu. Com você a minha vida se renova a cada dia.

Com especial afeição, agradeço aos meus pais, Umberto Vasconcelos de Andrade e Lenir Machado Vasconcelos de Andrade por todos os valores que me transmitiram através dos seus exemplos de vida. Obrigada, minha mãe, por todo amor, incentivo e apoio que me dedicou durante toda essa trajetória.

Ângela Cristina Vasconcelos de Andrade Rabello, minha querida irmã, sem o seu apoio incondicional eu não teria conseguido realizar essa árdua tarefa. Seu amor, sua imensa dedicação e sua infinita paciência foram decisivos. Agradeço, também, ao meu querido cunhado Eucir Rabello pelo seu imenso incentivo e por sua crença inabalável em minha capacidade de concluir essa missão.

Sou imensamente grata ao Leonardo Luiz Alencastro Rocha, ao Álvaro Luiz Rocha e à Teresinha Alencastro Rocha, três pessoas muito especiais, que participaram, acompanharam e me apoiaram incondicionalmente ao longo dos muitos anos de convivência. Sem a compreensão e ajuda de vocês esse trabalho teria sido muito mais difícil. Obrigada às minhas queridas sobrinhas Candice, Juliana e Gabriela Rocha Mascarello. Vocês contribuíram muito para meu trabalho, fornecendo-me o olhar de usuárias experientes em jogos computacionais. Seus desejos e opiniões possibilitaram muitos *insights* decisivos ao longo dessa jornada.

Obrigada a todos os professores que despertaram meu gosto pela ciência, em especial os professores: Fábio Ferrentini Sampaio, Cláudia Motta, Adriana Benevides Soares, Carlos Franco, Esteban Clua e Adriano Joaquim de Oliveira Cruz.

Agradeço aos queridos amigos: Cláudia Paranhos, Debora Vaisman, Cyntia Santos, Patrick Moratori, Laci Mary Manhães, Márcia Pedro, Emília Ferreira, Francine Ferreira Vaz, Erica Esteves Cunha, Raimundo Macário Costa, Catia Araújo, Neri Dutra Cavalheiro, Cristina Bertling Veloso, Ivani Aparecida Pavan Togi, Maria do Socorro Bezerra Pereira, Edson Ramos e Denise de Faria Martins pelo imprescindível apoio, o precioso incentivo e o inestimável carinho que tiveram comigo em muitos momentos dessa grande conquista.

Agradeço a todos os meus colegas da Escola de Informática Aplicada da UNIRIO pelo apoio que me deram durante todos esses anos, sou especialmente grata ao professor Alexandre Andreatta, pois sua imensa compreensão e ajuda contribuíram de forma decisiva para que meu doutorado fosse concluído com sucesso. Não poderia esquecer, nesse momento, de agradecer ao professor Tércio Pacitti, com quem tive o privilégio de trabalhar

durante muitos anos na UNIRIO e que me serviu de exemplo de dedicação e amor ao conhecimento.

Agradeço a todas as pessoas que trabalham nas secretarias, conselhos e outros órgãos administrativos, que fazem um trabalho importante e muitas vezes pouco reconhecido, principalmente ao Denílson Santos de Jesus da Secretaria do CPEG, à Solange Coelho de Oliveira e ao Josenildo Gomes de Moura, do setor de Registro da COPPE, à Josefina Solange Silva Santos, à Maria Lucia Ramos de Paula, Cláudia Helena Prata e Sônia Regina Galeano, da Secretaria do PESC, à amiga Lina Marchese Oliveiro dos Santos, da Secretaria da Área de Ensino e Pesquisa do NCE, à Selma Mendes da Biblioteca do NCE e à “Tia Daise” da Secretaria de Ensino do Instituto de Matemática. Agradeço a todos vocês pelo carinho e cuidado que vocês tiveram comigo.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências (D.Sc.)

USO DE TÉCNICAS INTELIGENTES PARA ANÁLISE DE AVALIAÇÕES DO
TRANSTORNO DO DÉFICIT DE ATENÇÃO/HIPERATIVIDADE EM UM JOGO
COMPUTACIONAL

Leila Cristina Vasconcelos de Andrade

Novembro/2007

Orientadores: Luis Alfredo Vidal Carvalho

Josefino Cabral Melo Lima

Programa: Engenharia de Sistemas e Computação

Esse trabalho relata a pesquisa e a aplicação de técnicas inteligentes, tais como Lógica *Fuzzy*, Redes Neurais e Bayesianas, junto com um jogo computacional chamado de Jogo do Supermercado, especialmente desenvolvido para auxiliar no processo de diagnóstico do Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH). O TDAH é uma neuropatologia que afeta aproximadamente de 3% a 6% da população mundial. Ele é caracterizado por sintomas de desatenção, impulsividade e hiperatividade. Os resultados de um experimento com um grupo de adultos utilizando o Jogo do Supermercado e outros aspectos relevantes na avaliação de diagnósticos de TDAH são também aqui discutidos.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Science (D. Sc.)

USING INTELLIGENT TECHNIQUES TO ANALYZE EVALUATIONS OF
ATTENTION DEFICIT/HYPERACTIVITY DISORDER WITH A COMPUTATIONAL
GAME

Leila Cristina Vasconcelos de Andrade

November/2007

Advisors: Luis Alfredo Vidal Carvalho
Josefino Cabral Melo Lima

Department: System Engineering and Computer Science

This work reports the research and the application of intelligent techniques like Fuzzy Logic, Neural and Bayes Networks together with a computer game called The Supermarket Game, developed specifically to help in the diagnosis process of the Attention Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD). The ADHD is a neuropathology that affects about 3-6% of the world population, It is characterized by symptoms of inattention, impulsivity, and hyperactivity. The results of an experiment with a group of adults using The Supermarket Game and others relevant aspects for the evaluation of ADHD diagnosis are also discussed here.

Sumário

1. Introdução	01
2. Funções Executivas e o TDAH	06
2.1 Avaliação Neuropsicológica	07
2.2 Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH)	08
2.3 Importância do Estudo do TDAH	11
3. Novos Recursos Computacionais Aplicados a Neuropsicologia	16
3.1 Sistemas Inteligentes e Recursos para sua Implementação	17
3.2 Lógica Fuzzy e Redes Neurais como Ferramentas Inteligentes	24
3.3 Modelo ANFIS	28
3.4 Redes Bayesianas	30
4. Jogos e Técnicas Inteligentes na Captura e Avaliação Cognitiva	37
4.1 O teste do Mapa do Zoológico	37
4.2 Detalhamento do Jogo do Supermercado	43
5. O Experimento e os Dados Capturados	45
5.1. Metodologia	45
5.2. Descrição do Experimento e os Instrumentos de Pesquisa	46
5.2.1 O Formulário de Auto-avaliação para Adultos	46
5.2.2 Jogo do Supermercado	49
5.3. Dados Capturados através do Jogo do Supermercado	51
6. Análise dos Resultados Obtidos	56
6.1 Análise Preliminar	57
6.2 Análise Estatística	60
6.3 Análise Neurofuzzy	66
6.4 Análise Bayesiana	96
7. Conclusão e Trabalhos Futuros	102
8. Referências Bibliográficas	106

1. Introdução

Desde que passaram a conquistar crianças, adolescentes e adultos em todo o planeta, os jogos eletrônicos foram colocados diante de opiniões contraditórias. De um lado, há os que atacam os jogos eletrônicos, acusando-os de serem prejudiciais: a principal alegação é que a violência presente em muitos jogos poderia despertar uma tendência destrutiva no jogador; e que o fato de ficarem horas lidando com o mundo virtual faria com que deixassem de lado a vida real. De outro lado, os defensores dos jogos eletrônicos computacionais rebatem com o argumento de que a violência nos jogos ajuda a extravasar a agressividade, além disso, jogar com videogames e computadores contribuiria para desenvolver habilidades importantes no mundo informatizado de hoje.

É necessário, como pesquisador, não ter uma posição tão dicotômica, investigando questões envolvidas no desenvolvimento de jogos eletrônicos computacionais que vão desde a criação e aplicação de novas técnicas computacionais à utilização de jogos eletrônicos em outros contextos de aplicação que não exclusivamente o de entretenimento.

Os jogos eletrônicos computacionais, quando encarados sem preconceitos, que na área acadêmica estão normalmente associados a fatores comerciais e sua extensa aplicação no campo do entretenimento, podem ser uma fonte inestimável para utilização em ensino e pesquisas. DEMASI (2003), já expõe esse tipo de preocupação:

“Na área de Ciência da Computação, o entretenimento é praticamente ignorado no meio acadêmico, sendo considerado e explorado quase que exclusivamente na área comercial. Os jogos eletrônicos, contudo, podem ser encarados como uma fonte inesgotável de possibilidades de pesquisa e descobertas científicas, se levados a sério.”

Um indicativo bastante forte do recente reconhecimento da importância dos jogos eletrônicos é a criação de congressos e conferências acadêmicas, na área da Ciência da Computação, que discutem pesquisa em jogos como, por exemplo, o *Application and Development of Computer Games* (ADCOG), *International Conference on Computers and Games* (CG), *International on Entertainment Computing* (ICEC) e *International Conference on Intelligent Games e Simulation* (Game On).

No Brasil foi realizado em outubro de 2002, em Fortaleza, o I Workshop Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (Wjogos), patrocinado pela Sociedade Brasileira de

Computação (SBC). Atualmente esse evento faz parte de um dos mais importantes congressos brasileiro de jogos, o SBgames, reconhecido academicamente.

Outro fato digno de registro, iniciado em 2004, foi o lançamento pelo Ministério da Cultura, em parceria com o ITI - Instituto Nacional de Tecnologia da Informação da Casa Civil e com a FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos, através da Educine – Associação Cultural Educação e Cinema do **Concurso de Jogos Eletrônicos Brasileiro**. Segundo o texto oficial do regulamento do evento temos:

“O Concurso de Jogos Eletrônicos é uma iniciativa que tem por objetivo propiciar o desenvolvimento de jogos eletrônicos com conteúdo nacional. Os jogos são conteúdos audiovisuais estratégicos que se relacionam com diversos segmentos sociais e faixas etárias, como a infância e a juventude. A economia dos jogos para console ou computador movimenta enormes recursos no mundo audiovisual: gera empregos, renda e capitaliza as empresas de entretenimento, sendo ainda parte da cultura visual das sociedades contemporâneas e deve ser reconhecida como tal.”
(MINISTÉRIO DA CULTURA, 2006)

Todas essas mudanças e esforços motivam algumas reflexões. É patente o reconhecimento do potencial de expansão presente nessa área, principalmente pelo caráter lúdico presente nos jogos que podem ser utilizados para outros fins, que não exclusivamente o entretenimento, como por exemplo, na área educacional, para fins psicopedagógicos ou para novas aplicações envolvendo usos neuropsicológicos.

A pesquisa, o desenvolvimento e a utilização de jogos computacionais para área educacional já são amplamente aceitos. O incentivo e o apoio ao desenvolvimento de jogos educacionais genuinamente brasileiros, além de ampliarem o caráter pedagógico, envolvem aspectos estratégicos e podem servir de meio para preservação de diferentes itens da nossa cultura.

O desenvolvimento e a aplicação de jogos computacionais para fins neuropsicológicos começam a ser explorados, principalmente como objeto de pesquisa acadêmica. Como os neuropsicólogos têm por objetivo correlacionar os modelos neurais fornecidos pela Biologia às alterações comportamentais e cognitivas descritas pela Psicologia, o desenvolvimento e a aplicação de jogos para essa área envolvem algumas questões que merecem atenção especial. Aplicações neuropsicológicas envolvem necessariamente avaliação cognitiva, quer de indivíduos normais ou com alguma neuropatologia. Realizar avaliação cognitiva em diferentes indivíduos é um processo

complexo, pois envolve a análise de diferentes funções cognitivas como a memória, a aprendizagem, a capacidade de resolução de problemas, entre outras.

O desenvolvimento de jogos computacionais para aplicação em Neuropsicologia é ainda muito recente, envolvendo obrigatoriamente a necessidade de uma equipe multidisciplinar e alguns aspectos tecnológicos desafiadores, como o desenvolvimento de novos mecanismos computacionais capazes de realizar mapeamento cognitivo, que no escopo desse trabalho chamaremos de **Captura Cognitiva**. Técnicas de Inteligência Artificial, como Redes Bayesianas, Lógica *Fuzzy*, Redes Neurais e mecanismos híbridos possuem um imenso potencial para aplicação em mapeamento cognitivo, dada suas características intrínsecas.

A crença na possibilidade de utilização de jogos computacionais e técnicas inteligentes para fins neuropsicológicos motivaram esse trabalho de doutorado. A hipótese proposta e investigada ao longo de toda a pesquisa foi a possibilidade de jogos computacionais especialmente concebidos e implementados para fins cognitivos, e com diferentes técnicas dentre elas algumas de Inteligência Artificial, são capazes de auxiliar no processo de avaliação cognitiva, ou seja, podem ser utilizados para fins neuropsicológicos. Considerando que a Neuropsicologia é um campo amplo, foi necessário delimitar um foco para dar início aos trabalhos realizados ao longo dessa pesquisa de doutorado. O foco escolhido foi a avaliação cognitiva do Transtorno do Déficit de Atenção/ Hiperatividade (TDAH). O TDAH é um transtorno psiquiátrico que acomete de 3% a 6% da população mundial causando, dependendo da sua gravidade, sérios comprometimentos na vida escolar, profissional, familiar e afetiva de crianças e adultos. Como o diagnóstico de TDAH é clínico, baseado em exames, ferramentas de rastreamento, entrevistas com o paciente e seus familiares, envolve uma grande complexidade na sua realização. Essa complexidade, aliada ao fato de não existir, até o presente momento, nenhum teste neuropsicológico padronizado desenvolvido, testado e utilizado para realizar seu diagnóstico traz, a esse trabalho de pesquisa um caráter relevante e inédito.

A pesquisa de doutorado, apresentada nesse trabalho, foi iniciada em janeiro de 2003 envolvendo um grupo composto por professores, psicólogos, pesquisadores da área de Computação e Inteligência Artificial ligados à pós-graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) tendo como objetivo principal investigar a hipótese de que é

possível utilizar jogos computacionais e técnicas de Inteligência Artificial para auxiliar na avaliação cognitiva do Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH).

Inicialmente, a pesquisa concentrou-se em fazer um levantamento dos jogos disponíveis no mercado que possuíssem técnicas ou características de inteligência artificial, avaliando o potencial de aplicação desses jogos para fins psicopedagógicos. Alguns resultados obtidos na pesquisa, nessa etapa, podem ser verificados em (ANDRADE *et al*, 2003).

Em 2004 o projeto foi ampliado, contando com a participação do professor, doutor em psiquiatria Paulo Eduardo Luiz de Mattos que é coordenador do Grupo de Estudos do Déficit de Atenção (GEDA) do Instituto de Psiquiatria da UFRJ, e com o apoio de especialistas e pesquisadores da área de Computação Gráfica e desenvolvimento de jogos da PUC-Rio. Nessa etapa foram investigadas as funções e disfunções executivas, o Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH) e um teste neuropsicológico denominado “Teste do Mapa do Zoológico”. Esse teste, que é utilizado clinicamente para avaliação de Disfunção Executiva, serviu de inspiração para a especificação e a implementação de um protótipo de um jogo computacional em 3D intitulado Jogo do Mapa do Zoológico. Esse protótipo foi concebido e desenvolvido com o objetivo de investigar a possibilidade de desenvolvimento e utilização de jogos computacionais para fins neuropsicológicos e mais especificamente para auxiliar no processo de avaliação cognitiva de disfunções executivas e do Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH). Relatos e resultados dessa fase podem ser encontrados em (ANDRADE *et al*, 2004a), (ANDRADE *et al*, 2004b), (ANDRADE *et al*, 2004c) e (ANDRADE *et al*, 2004d).

Em 2005 a pesquisa concentrou-se no estudo e aprofundamento de técnicas de Inteligência Artificial que fossem capazes de auxiliar na complexa tarefa de avaliação cognitiva e na confirmação do diagnóstico de portadores de TDAH. Nessa etapa foram realizados estudos envolvendo a Lógica *Fuzzy* e Redes Neurais. Em (ANDRADE *et al*, 2005) foram relatos algumas propostas e resultados obtidos nessa fase.

Em 2006, após estudos preliminares, foram realizadas duas mudanças importantes: foi definida uma mudança de contexto no jogo especificado e implementado e criado um novo jogo computacional, em 2D, intitulado **Jogo do Supermercado**. Essas mudanças de contexto e de forma de apresentação do jogo possibilitaram uma maior adequação à

realidade dos participantes testados, no caso adultos normais (grupo controle) e portadores de Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH). Essas alterações e alguns outros detalhes sobre a implementação do **Jogo do Supermercado** foram relatados em (ANDRADE *et al*, 2006a) e (ANDRADE *et al*, 2006b).

No final de 2006 foi iniciado um experimento para verificar a hipótese proposta nesse trabalho, a de que é possível utilizar técnicas inteligentes e um jogo computacional desenvolvido especialmente para auxiliar na avaliação cognitiva de TDAH . O experimento foi realizado no CNA – Centro de Neuropsicologia Aplicada sob a orientação do Professor Doutor em Psiquiatria Paulo Mattos e com o auxílio do neuropsicólogo Gabriel Coutinho com um grupo de dez voluntários adultos previamente avaliados e diagnosticados. No experimento realizado, cinco são não portadores compondo o grupo controle e os outros cinco portadores de TDAH, dois deles medicados. No experimento foram utilizados dois instrumentos de pesquisa: um formulário de auto-avaliação e o Jogo do Supermercado, que foi testado em dois diferentes modos de jogar, o Modo 1 que avalia prioritariamente a capacidade de planejamento e o Modo 2 avaliando a capacidade de execução.

Em 2007 foi realizada a análise dos dados coletados no experimento. Nessa etapa foram utilizadas quatro diferentes técnicas: análise preliminar, análise estatística, análise neurofuzzy e análise bayesiana.

No próximo capítulo são abordados alguns conceitos básicos necessários à compreensão das funções executivas e de algumas características específicas do Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH). No capítulo três são discutidas alguns recursos de Inteligência Artificial e sua aplicação na área de Neuropsicologia. No capítulo 4 é apresentado o Jogo do Supermercado concebido especificamente para auxiliar na captura e avaliação cognitiva de TDAH. No capítulo 5 são detalhados: o experimento realizado, os instrumentos de pesquisa utilizados e os dados obtidos. No capítulo 6 são relatadas as diferentes análises realizadas e os resultados os resultados obtidos. No capítulo 7 temos as conclusões, dificuldades encontradas e propostas para trabalhos futuros; e finalmente no capítulo 8 as referências bibliográficas.

2. Funções Executivas e o TDAH

As funções executivas consistem num conjunto de processos que capacitam o indivíduo a realizar de maneira independente e autônoma atividades dirigidas a metas. Essas funções são traduzidas em comportamentos complexos que dependem da integridade de diversos processos cognitivos, emocionais, motivacionais e volitivos¹. Tais processos estão amplamente associados aos lobos frontais, que quando deficitários, comprometem as habilidades de planejamento, memória evocativa, linguagem expressiva, atividades de abstração e o aprendizado. As disfunções executivas, também denominadas síndromes disexecutivas, constituem-se em quadros de alteração significativa de comportamento e desorganização de vários processos cognitivos.

Existem algumas abordagens possíveis para analisar as funções executivas. Nesse trabalho é adotada a perspectiva da Neuropsicologia, que tem por objetivo correlacionar os modelos neurais fornecidos pela Biologia às alterações comportamentais e cognitivas descritas pela Psicologia.

Segundo LEZAK (1995), as funções executivas classificam-se em quatro componentes fundamentais: a volição, o planejamento, a ação propositiva e o desempenho efetivo. A volição requer, além da capacidade de formular metas ou formar uma intenção, duas condições principais: motivação - incluída a iniciativa para a atividade - e autoconsciência.

O planejamento requer capacidade conceitual e de abstração, pensamento antecipatório, tomada de decisão, autoconsciência e motivação, capacidade de organizar passos em seqüências, gerar alternativas, ponderar e fazer escolhas e sustentar a atenção. Capacidade para uma intenção realística, controle de impulsos e memória intacta são, também, requisitos para um bom planejamento.

A ação propositiva é definida como a tradução de uma intenção ou plano em atividade útil e produtiva, demandando capacidade de iniciar, manter, alterar e interromper seqüências de comportamentos complexos de maneira integrada e ordenada, além de flexibilidade para mudança do set perceptivo, cognitivo e comportamental. O desempenho efetivo engloba a capacidade de auto-monitorar, auto-dirigir e auto-regular a intensidade, o

¹ A volição é definida como a capacidade para gerar comportamentos intencionais.

ritmo e outros aspectos qualitativos do comportamento e da ação. Refere-se, em outras palavras, ao controle de qualidade do produto gerado.

As disfunções executivas envolvem, geralmente, problemas funcionais ou estruturais no lobo frontal ou na interconexão dessas áreas com outras áreas corticais. Segundo GOLDBERG (2001), mesmo lesões brandas oriundas de traumatismos crânio-encefálicos, são causas freqüentes de disfunção executiva. Alguns transtornos como a esquizofrenia e o Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH) também se associam às disfunções executivas.

2.1 Avaliação Neuropsicológica

Segundo PINHEIRO (1999), a crescente utilização de instrumentos neuropsicológicos padronizados na avaliação de processos cognitivos, oriundos do desenvolvimento da Neuropsicologia, tem auxiliado significativamente na detecção de disfunções executivas e na avaliação do comprometimento de processos cognitivos complexos envolvidos nas principais funções executivas.

Dentre os inúmeros testes destinados à avaliação de funções executivas, o *Zoo Map Test* contido na Bateria *Behavioural Assessment of Disexecutive Syndrome* (BADS) é um teste que envolve a realização de tarefas de planejamento e execução de um percurso pré-determinado em labirinto (no caso, um zoológico). Este teste e outros recursos podem fornecer subsídios e critérios para a criação de mecanismos computacionais específicos capazes de avaliar processos cognitivos e seus comprometimentos, o que chamamos no escopo desse trabalho de **Captura Cognitiva**.

A avaliação de funções cognitivas superiores é um trabalho complexo. É necessária uma equipe multidisciplinar composta por psiquiatras, neuropsicólogos e profissionais da área de computação para desenvolver técnicas e mecanismos inteligentes que possibilitem a realização desse trabalho.

2.2 Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH)

Essa seção trata de alguns aspectos importantes sobre o Transtorno do Déficit de Atenção (TDAH), suas principais características, subtipos, critérios diagnósticos e ferramentas para rastreamento e diagnóstico, além de tratamento.

Ao longo da história, o Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade já teve outros rótulos, como por exemplo, **“defeito de controle moral”** atribuído por STILL (1902). Ele considerava que crianças que eram agressivas, desafiadoras, resistentes à disciplina, excessivamente emotivas e passionais, mostravam pouca “inibição à sua própria vontade”, tinham dificuldades de seguir regras, eram desatentas, hiperativas, propensas a acidentes e com atitudes hostis em relação a outras crianças, possuíam um defeito maior e crônico no “controle moral” em virtude da forma não adequada pela qual eram educadas por seus pais.

Outro rótulo atribuído às crianças com problemas atentos e de hiperatividade foi o de “Lesão Cerebral Mínima”, criada em função de uma correlação estabelecida entre crianças com “Distúrbios de Comportamento Pós-Encefalite” que apresentavam características comportamentais semelhantes às descritas por Still. A idéia por trás deste rótulo era de que apesar de não haver lesão cerebral óbvia, essas crianças possuíam um cérebro lesionado que justificava suas alterações comportamentais. O termo **“hiperatividade infantil”** foi usado por LAUFER *et al* (1957) e **“Reação Hiperkinética da Infância”** foi o termo usado pela Associação de Psiquiatria Americana (APA) ao publicar o Manual Diagnóstico e Estatístico de Desordens Mentais (DSM-II), em 1968.

Na década de 70, o foco das pesquisas começou a mudar da hiperatividade para as questões ativas, graças à teoria apresentada na qual o déficit em manter a atenção poderia surgir sob condições em que não houvesse hiperatividade.

WEISS *et al* (1985) mostrou, através de estudos realizados a longo prazo, que quando as crianças atingem a adolescência, a hiperatividade pode diminuir. Entretanto, os problemas de atenção e impulsividade tendem a persistir. Essa foi uma contribuição decisiva para que esse comportamento fosse reconhecido na população adulta, pois o consenso anterior tratava a síndrome como uma alteração exclusiva da infância e que, de alguma forma desapareceria na adolescência e na idade adulta.

A forma adulta foi oficialmente reconhecida em 1980, com a publicação do DSM-III pela Associação Americana de Psiquiatria que trouxe algumas mudanças importantes: desvinculou a nomeação da síndrome de seus aspectos etiológicos (fatores causais) e deu destaque aos aspectos clínicos (sintomas); enfatizou a questão atencional como sintoma nuclear da alteração; identificou a forma adulta, nomeando-a de tipo “residual” e renomeou a síndrome como **“Distúrbio do Déficit de Atenção” (DDA)**. Na década de 80, foram publicados vários trabalhos e estudos sobre DDA, pelo menos nos Estados Unidos, tornando-o a alteração comportamental infantil mais estudada.

Segundo ROHDE e MATTOS (2003) é patente uma alteração no sistema neurobiológico cerebral nos indivíduos portadores de TDAH. Isto significa que substâncias químicas produzidas pelo cérebro, chamadas neurotransmissores, apresentam-se alteradas quantitativamente e/ou qualitativamente provocando distúrbios nas atividades física e mental dos portadores desse transtorno. No entanto, é importante colocar os resultados de algumas recentes pesquisas empíricas desenvolvidas que pretendem estabelecer uma relação entre estas alterações bioquímicas, algumas regiões específicas do cérebro (como o lobo frontal) e as características encontradas no TDAH.

Segundo LENT (2001) a região ventromedial do córtex pré-frontal é a responsável por um aspecto específico da razão: o planejamento e a ordenação temporal dos atos, sua adaptação e ajuste às circunstâncias, e a seleção, entre muitas ações possíveis, daquelas mais adequadas a cada momento e aos objetivos finais. O envolvimento do córtex cingulado nos processos de cognição seletiva foi detectado em testes de linguagem aplicados a indivíduos normais submetidos simultaneamente ao registro eletrofisiológico de potenciais do EEG, e a técnicas de imagem funcional.

As atividades da razão, que envolvem raciocínio lógico para a resolução de problemas e a tomada de decisões, a fixação de objetivos e o planejamento das ações correspondentes, começam com a focalização da atenção para as informações que entram. O córtex cingulado é o responsável por essa etapa, que consiste na modulação das informações processadas pelo córtex pré-frontal dorsolateral. É este que recebe as informações que entram através dos sistemas sensoriais e chegam a ele por meio das abundantes conexões aferentes provenientes das áreas corticais sensoriais. Compete ao córtex pré-frontal dorsolateral comparar as informações novas (sensoriais) com aquelas

armazenadas na memória de longo prazo. Essa é uma tarefa típica da memória operacional, essencial ao curso do raciocínio. O córtex pré-frontal ventromedial é encarregado de adequar os dados do presente que vêm sendo processados pelo córtex pré-frontal dorsolateral, com os objetivos de longo, médio e curto prazo estabelecidos pelo indivíduo, e com as demais circunstâncias pessoais envolvidas. Essa região cortical, então, seria a responsável pelo planejamento dos comportamentos necessários para a concretização de objetivos. A Figura 2.2.3 mostra um esquema explicativo simplificado das funções do córtex pré-frontal. O uso da razão começaria medialmente pela atividade do córtex cingulado anterior (em azul), encarregado de focalizar a atenção perceptual e cognitiva, modulando a atividade das áreas funcionais correspondentes. As áreas dorsolaterais do córtex pré-frontal (em amarelo e violeta) se encarregariam de comparar as informações novas com as antigas.

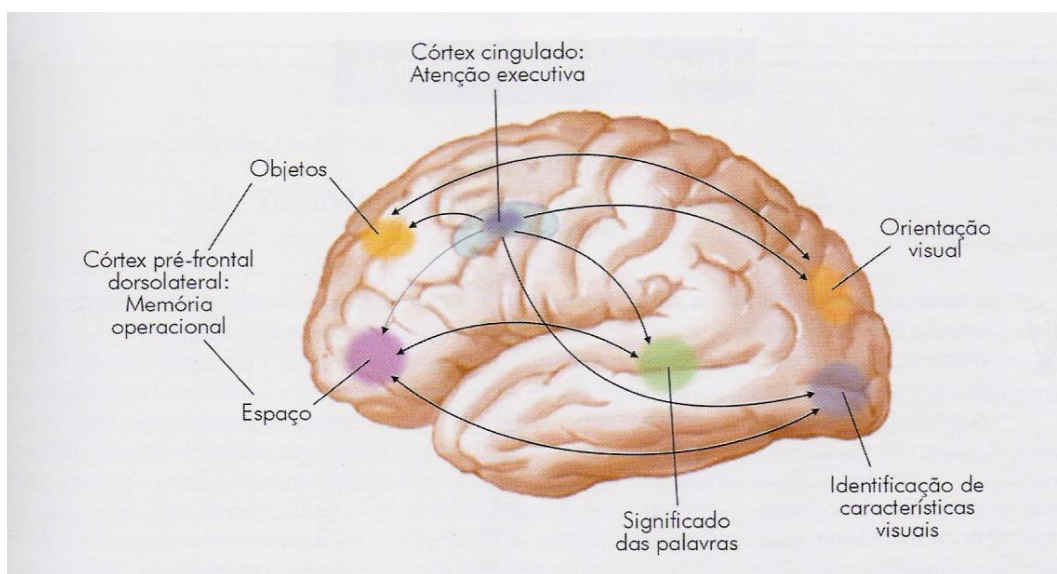


Figura 2.2.3: Esquema simplificado das funções do córtex pré-frontal.

Quando ocorrem lesões adquiridas, como acidentes, isquemia por falta de circulação sanguínea ou traumatismos cerebrais, no hemisfério direito, a capacidade de inferir, de entender com rapidez e de atualizar o entendimento de uma situação, de compreender o que se passa ao redor e do que se deve fazer é alterada, podendo ocasionar graves modificações no raciocínio. Por outro lado, caso haja um excesso de ativação do hemisfério direito, ocorrerá toda uma exacerbação destes processos. Em termos do TDAH, esta exacerbação pode significar uma visão contextual global exacerbada, fazendo com que os indivíduos

com TDAH tenham uma gama de pensamentos alternativos que os levariam a ver a vida sob um novo foco, criando assim, o terreno ideal para o exercício da criatividade.

No caso do TDAH as regiões ventromediana e a somatossensorial exercem uma influência maior. Considerando, ainda, que o lobo frontal direito seja a região de maior interesse no TDAH, uma vez que essa área recebe, na sua parte chamada ventromediana, sinais vindos do cérebro de conteúdos racionais e sentimentais e na sua parte chamada somatossensorial conteúdo emocional vindo dos sinais corporais.

2. 3 Importância do Estudo do TDAH

Aspectos epidemiológicos² tais como a prevalência³ e os tipos de estudos realizados para a detecção de um transtorno psiquiátrico são conceitualmente importantes, mas extremamente difíceis de serem verificados com relação ao TDAH.

Segundo ROHDE e MATTOS (2003), com relação ao TDAH existem três tipos básicos de estudos que podem auxiliar na determinação de aspectos epidemiológicos. São eles: os estudos de caso, os longitudinais e os retrospectivos.

Estudo de caso é o tipo mais básico de estudo clínico, e tem grande tradição na medicina. Ele consiste na minuciosa e cuidadosa descrição, por um ou mais médicos, do diagnóstico, da evolução e do transtorno de um paciente. Segundo a literatura, trata-se de um modelo de pesquisa pouco utilizado com pacientes com TDAH, pois apesar de ser possível obter a validade interna desses estudos através repetição das observações dentro de um período de tempo pré-fixado, esse tipo de estudo dificulta sua validade externa já que não se pode generalizar a partir de sujeitos únicos. A validade externa pode ser aumentada através da investigação sistemática de outros sujeitos.

² A Epidemiologia é o estudo das condições relacionadas à distribuição de saúde-doença e aos eventos ou fatores associados a estas condições em determinada população. Envolve a descrição cuidadosa de eventos dentro de uma população e a comparação de como ocorrem entre grupos dessa população. ALMEIDA (1992) aponta dois pressupostos básicos dos estudos epidemiológicos: a permanência da estrutura determinante dos eventos que permite a inferência, e a possibilidade de generalização dos resultados amostrais que permite a predição.

³ Segundo MEDRONHO *et al* (2004), a prevalência refere-se a todos os casos da doença existentes previamente à realização de um teste. Dessa forma, ela expressa a probabilidade de doença antes de o teste ser realizado, por isso é também denominada probabilidade de pré-teste.

Estudos retrospectivos consistem no exame sistemático de prontuários antigos. Os estudos retrospectivos apresentam problemas metodológicos de difícil solução como, por exemplo, ter que decidir baseado apenas nos prontuários quais indivíduos pertencem ao grupo do TDAH.

Segundo BARBOSA e GAIÃO (2001), estudos longitudinais com grupo-controle seriam os mais adequados para dar maior precisão da definição do TDAH, bem como das diferenças de acordo com sexo e etapas do desenvolvimento.

Independentemente do tipo de estudo, a noção de normalidade é fundamental, embora muitas vezes seja de difícil definição. Deve-se fazer uma avaliação para indicar se um determinado comportamento de crianças pode ser comparado com o de um outro grupo de crianças da mesma faixa etária e sexo. É o chamado enfoque normativo.
(ROHDE e MATTOS, 2003)

Alguns estudos como os de McCLURE e GORDON (1994), COHEN *et al* (1994) e BRITO (1987) apontam a importância de utilizar nos estudos epidemiológicos um tipo de instrumento de rastreio disponível à comunidade científica que são as **escalas**. As escalas são questionários específicos que podem ser aplicados com pais, professores e outros indivíduos que lidam com o sujeito investigado. Apesar das escalas não serem uma ferramenta para diagnóstico, seu uso permite a homogeneização das informações, possibilita a quantificação dos sintomas, estabelece perfis estereotipadas, permite a economia de tempo e é de fácil manejo. Segundo McCLURE e GORDON (1994) é importante que a escala utilizada apresente uma linguagem acessível à população a que se destina.

O DSM-IV estima a prevalência do TDAH entre 5% e 13% nas crianças em idade escolar. ROHDE e MATTOS (2003), consideram o Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade um transtorno do desenvolvimento, acometendo cerca de 3% a 6% dos indivíduos desde tenra idade e persistindo na vida adulta em mais da metade dos casos.

O TDAH já foi entendido como um transtorno comportamental de meninos, porém na atualidade é solidamente identificado em meninas, adolescentes e adultos. As características nucleares do TDAH são a desatenção, hiperatividade e a impulsividade. Em relação aos sinais e sintomas do TDAH é possível observar alterações desde os primeiros anos de vida, embora o diagnóstico possa ser feito com maior acurácia quando a criança ingressa na educação formal, por volta dos 7 anos, sendo submetida a situações estruturadas

e pré-definidas, quando então os sintomas se tornam mais evidentes. O TDAH pode ser dividido em diferentes subtipos, dependendo do predomínio ou da combinação de seus sintomas nucleares que são a hiperatividade, impulsividade e a desatenção:

- **Subtipo Desatento:** Predomínio de sintomas de desatenção. Esse subtipo possui elevada taxa de comprometimento acadêmico, nível mais alto de isolamento social e retração;
- **Subtipo Hiperativo:** Predomínio de sintomas de hiperatividade e impulsividade: o tipo maior agressividade do que os outros subtipos, tendendo a apresentar alto índice de rejeição e baixa popularidade;
- **Subtipo Combinado:** Estão presentes a hiperatividade, impulsividade e a desatenção. O Subtipo combinado acarreta o maior comprometimento do funcionamento global em relação aos outros tipos.

A ocorrência de qualquer tipo e grau de TDAH compromete significativamente os relacionamentos familiar e social, o ajustamento psicossocial, a vida laborativa e o desempenho acadêmico, exigindo intervenção especializada. Em crianças, sua detecção é percebida, quando o portador apresenta, em geral, uma defasagem em torno de dois anos na sua vida escolar. Quanto mais cedo for feito o diagnóstico e o tratamento do TDAH, melhor é o prognóstico.

Estabelecer critérios para identificar se um indivíduo possui ou não, em algum grau, TDAH, sempre foi um imenso desafio para a Psiquiatria e Psicologia. Os sintomas de desatenção, hiperatividade e impulsividade são considerados cardinais do TDAH e compõem o *Critério A* do sistema DSM-IV para esse diagnóstico. Utilizando essa ferramenta para diagnóstico, para ser portador de TDAH, o indivíduo deverá atender a seis (ou mais) sintomas de desatenção e/ou seis (ou mais) sintomas de hiperatividade/impulsividade:

Desatenção:

- Presta pouca atenção em detalhes e faz erros por falta de atenção nos deveres;
- Tem dificuldade de ficar concentrado nos deveres e também nos jogos;
- Parece estar prestando atenção em outras coisas quando se fala com ele;

- Tem dificuldade em seguir instruções até o fim ou deixa os deveres sem terminar;
- É desorganizado com os deveres e outras atividades no dia-a-dia;
- Evita ou antipatiza com deveres ou atividades que exijam concentração;
- Perde material da escola ou coisas do dia-a-dia;
- Distrai-se com facilidade com coisas fora daquilo que está fazendo;
- Esquece-se de coisas que deveria fazer no dia-a-dia.

Hiperatividade/Impulsividade:

- Mexe com as mãos e pés quando está sentado ou se mexe muito na cadeira;
- Sai do lugar na sala de aula ou em outras situações (ex: mesa de jantar) quando deveria ficar sentado;
- Corre ou sobe nas coisas quando deveria ficar tranqüilo;
- Tem dificuldade de ficar em silêncio enquanto brinca;
- É "elétrico" e fica "a mil por hora";
- Fala demais;
- Responde às perguntas antes dos outros terminarem de falar;
- Tem dificuldade de esperar a vez;
- Interrompe os outros ou se mete na conversa dos outros.

Os sintomas, para que sejam considerados característicos, devem ocorrer em um nível não adaptativo para o estágio de desenvolvimento, causando dificuldades em diferentes ambientes, tais como: o acadêmico, o familiar e o social.

É freqüente a existência de co-morbidades⁴ em indivíduos com TDAH, como por exemplo:

- TDO (Transtorno Desafiador de Oposição);
- TC (Transtorno de Conduta);
- Depressão e Transtorno do Humor Bipolar;
- Transtornos de Ansiedade;
- TT (Transtorno de Tiques);

⁴ Co-morbidade é o termo utilizado para designar a ocorrência de dois ou mais transtornos em um mesmo indivíduo.

- Transtornos do Aprendizado.

Fatores genéticos desempenham papel importante na Gênese do TDAH. Estudos epidemiológicos mostram uma maior incidência⁵ da síndrome entre parentes de crianças com TDAH em comparação com parentes de crianças que não possuem o transtorno. Estudos realizados em gêmeos idênticos, ou seja, que possuem o mesmo material genético, apresentam concordância de 50%. Isto significa que o fator hereditário é importante, mas não o único na manifestação do TDAH, pois, se assim fosse, a concordância entre gêmeos idênticos deveria ser de 100%.

Alguns estudos apontam que fatores externos ou ambientais tais como complicações durante a gravidez e no parto, incluindo relatos de traumatismos neonatais, hipóxia⁶ pré e pós-natal, traumas obstétricos, rubéola intra-uterina e outras infecções, encefalite e meningite pós-natal, traumatismos crânio-encefálico (TCE), deficiência nutricional e exposição a toxinas, podem estar correlacionados com a ocorrência de TDAH. As causas não genéticas de TDAH compreendem menos de 10% dos casos

O uso de medicamentos no tratamento de indivíduos com o TDAH costuma produzir resultados eficazes na grande maioria dos casos, contribuindo para uma mudança radical na vida dessas pessoas. A classe de medicamentos de primeira escolha no tratamento do TDAH são os estimulantes. A atomoxetina e os antidepressivos compreendem outras opções. Além da terapêutica medicamentosa, o tratamento psicoterápico pode ser necessário para diversas situações clínicas, embora não sejam eficazes na remissão dos sintomas primários do transtorno.

Dada a importância capital do diagnóstico adequado no tratamento e na busca da remissão do TDAH, bem como de outros transtornos, a pesquisa e a utilização de novos recursos de avaliação cognitiva utilizando técnicas computacionais inteligentes, mostram-se um objeto importante de investigação científica que envolve, necessariamente, uma equipe multidisciplinar.

⁵ Incidência, segundo MEDRONHO (2004), é a frequência de casos novos de uma determinada doença, ou problema de saúde, oriundos de uma população sob risco de adoecimento, ao longo de um determinado período de tempo. Os casos novos, ou incidentes, são aqueles indivíduos não doentes no início do período de observação e, portanto, sob risco de adoecimento, que no seu decorrer acabam por adoecer.

⁶ Hipóxia é a privação de oxigenação suficiente.

3. Novos Recursos Computacionais Aplicados a Neuropsicologia

A Neuropsicologia integra conhecimentos de diferentes domínios. Ela origina-se da convergência da Ciência Médica em Neurologia e em Psicologia através do estudo dos efeitos de disfunções cerebrais sobre o comportamento e a cognição. A ênfase da Neuropsicologia humana engloba os indivíduos com as mais diferentes disfunções cerebrais, desordens psiquiátricas e desordens afetivas. Em um sentido amplo, a Neuropsicologia pode ser encarada como a uma ciência aplicada que verifica como as atividades específicas do cérebro são expressas em comportamentos observáveis. Esse ramo da ciência cresceu exponencialmente nas últimas duas décadas, juntamente com outras áreas de pesquisa ligadas à Neurociência.

A utilização de novos recursos computacionais na área de Neuropsicologia é relativamente recente. Em um trabalho pioneiro, COSTA (2000) discute algumas questões relevantes envolvidas na criação e utilização de ambientes virtuais na reabilitação cognitiva de pacientes neurológicos e psiquiátricos e propõe uma ferramenta computacional interativa para apoiar a recuperação de habilidades cognitivas de pessoas com deficiências cerebrais variadas através de recursos de Realidade Virtual e estratégias da Neuropsicologia.

Recentemente, DOMINGOS (2007) propôs um ambiente virtual 3D para apoiar o diagnóstico de TDAH. Ambos os trabalhos utilizam a tecnologia de Realidade Virtual para fins neuropsicológicos e demonstram a viabilidade do uso de novas tecnologias para fins de reabilitação e avaliação cognitiva. Trabalhos como esses mostram a importância de investigar novas tecnologias e a possibilidade de sua aplicação à área de Neuropsicologia, como a proposta neste trabalho de doutorado.

Outro trabalho acadêmico que merece destaque pelo seu caráter pioneiro é o software intitulado “Construindo um espaço”, para aplicação em Psicopedagogia⁷ desenvolvido por uma psicopedagoga para auxiliar nos diagnósticos de problemas de aprendizagem, apresentado em ABREU (2004). Nesse trabalho são descritos, de forma

⁷ A Psicopedagogia nasceu da necessidade de uma melhor compreensão do processo de aprendizagem e se tornou uma área de estudo específica que busca conhecimento em outros campos e cria seu próprio objeto de estudo. Ocupa-se do processo de aprendizagem humana: seus padrões de desenvolvimento e a influência do meio nesse processo.

objetiva, os processos de diagnóstico utilizado na clínica psicopedagógica⁸ e como o desenvolvimento de um software específico para essa aplicação pode ser realizado. Trabalhos como esses mostram a possibilidade de utilização de softwares que possuem um caráter lúdico, quer seja um jogo ou não, dentro do processo de avaliação cognitiva.

3.1 Sistemas Inteligentes e Recursos para sua Implementação

Os chamados “sistemas inteligentes” são basicamente aqueles que fornecem respostas e que solucionam problemas normalmente resolvidos apenas por humanos. Essas respostas devem ser apropriadas às situações específicas destes problemas, mesmo que essas condições sejam novas ou inesperadas, fazendo com que tal comportamento seja “único” ou até mesmo considerado “criativo”.

A Inteligência Artificial (IA) é uma disciplina que estuda como as pessoas resolvem problemas e como as máquinas podem emular este comportamento humano de “solução de problemas”. A IA tenta entender o comportamento de entidades inteligentes. Mas, ao contrário da Filosofia e da Psicologia, que estão mais preocupadas com o estudo da inteligência dentro de um contexto de relações humanas, a IA é mais focada em como essas entidades podem ser criadas e utilizadas para determinados fins.

O termo Inteligência Artificial surgiu em 1956, de uma reunião feita nos Estados Unidos que contou com cientistas de várias áreas do conhecimento, todos interessados no mesmo objetivo, no estudo de como poderiam ser criadas máquinas inteligentes, e de como estas afetariam os processos existentes. Existem várias definições de IA, dentre elas temos:

“A arte da criação de máquinas que fazem funções que requerem inteligência quando feito por pessoas.”
(KURZWEIL, 1990)

“Campo de estudo que procura explicar e emular comportamento inteligente em termos de processos computacionais.”
(SCHALKOFF, 1990)

⁸ A clínica psicopedagógica corresponde a um de seus campos de atuação da Psicopedagogia, cujo objetivo é diagnosticar e tratar os sintomas emergentes no processo de aprendizagem. O diagnóstico psicopedagógico busca investigar, pesquisar para averiguar quais são os obstáculos que estão levando o sujeito à situação de não aprender, aprender com lentidão e/ou com dificuldade; esclarece uma queixa do próprio sujeito, da família ou da escola.

“Um ramo da ciência da computação que se dedica à automação de comportamento inteligente.”
(LUGER e STUBBLEFIELD, 1993)

“A parte da Ciência da Computação que compreende o projeto de sistemas computacionais que exibam características associadas, quando presentes no comportamento humano, à inteligência.”
(BARR e FEIGENBAUM, 1981)

De forma sintética podemos considerar que sistemas computacionais inteligentes são sistemas que em sua construção não possuem somente características procedimentais, tendo também, capacidades de ir além dos processos estabelecidos pelo desenvolvedor humano, aprendendo, se adaptando e tomando decisões. Desde 1956, a Inteligência Artificial veio se ramificando em novas áreas, criando centros de estudo em praticamente todo o mundo. Grande parte dessas áreas já conta com projetos implementados que deixaram o âmbito acadêmico. Como exemplo, dentro de empresas de grande porte, as ferramentas de *Datamining* (mineração de dados), são parte fundamental do processo de tomada de decisões, por gerarem informações de alta relevância estratégica, nem sempre observadas por analistas humanos. Na área de gerência de redes, detecção de intrusão, comércio eletrônico e educação a distância auxiliada por computador, a tecnologia de agentes inteligentes permite a flexibilidade da negociação entre o sistema e o usuário humano, além de estar sempre monitorando o ambiente, gerando informações que podem ser analisados posteriormente por outros sistemas inteligentes.

Na área de Inteligência Artificial podem ser encontradas duas abordagens ou paradigmas diferentes: o Simbolista e o Conexionista. Segundo CARVALHO (2005), a Inteligência Artificial Simbolista ou Cognitivista surgiu da união da Psicologia Comportamentalista dominante na década dos anos 50 nos E.U.A. e do computador digital comercialmente disponível na década dos anos 60. Segundo essa corrente de pensamento a Inteligência Artificial é a ciência que deve buscar os meios necessários à imitação mecânica da inteligência humana, como o mesmo “grau de eficiência”. O paradigma simbolista, devido às influências recebidas da Psicologia Comportamentalista e da estrutura física dos computadores digitais, assume que os processos inteligentes são sempre realizados por uma seqüência de operações controladas por um elemento centralizador ou supervisor. Estas operações devem ser representadas por símbolos, que seriam a raiz da inteligência. A

inteligência propriamente dita estaria armazenada em símbolos especiais de alto nível denominados heurísticas. A inteligência se expressaria quando a máquina estivesse envolvida na solução de um problema específico, podendo ser sua eficiência medida. Além disso, a estrutura para a geração da inteligência seria lógica e não física, ou seja, qualquer autômato seria, por princípio, capaz de expressar inteligência desde que sua estrutura física comporte um sistema lógico-simbólico. A metodologia da Inteligência Artificial Simbolista pode ser descrita em três fases:

- escolher uma atividade inteligente para estudo;
- desenvolver uma estrutura lógico-simbólica capaz de imitá-la;
- comparar a eficiência desta estrutura com a atividade inteligente real.

Como a metodologia da Inteligência Artificial Simbolista se fundamenta na escolha de uma atividade inteligente, surgem as subdivisões do paradigma em especialidades, como por exemplo:

- **Processamento da Linguagem Natural**, que trata de criar algoritmos capazes de entender a linguagem humana escrita e falada. Sistemas de processamento de linguagem devem possuir um conhecimento embutido muito grande, bem representado, de fácil acesso, além da capacidade de realizar inferência. Alguns sistemas já desenvolvidos podem dialogar dentro de certos contextos, resumir textos, e “entender” perguntas feitas para consultas a banco de dados;
- **Sistemas Especialistas**, que são sistemas que imitam o raciocínio de um especialista em um dado ramo do conhecimento. Vários especialistas são consultados e seus procedimentos são codificados em uma base de conhecimentos. Os sistemas especialistas, SE, em geral, podem ser divididos em três partes: uma base de regras, uma memória de trabalho e um motor de inferência. Os Sistemas Especialistas restringem-se somente a alguns domínios específicos do conhecimento, tentando reproduzir boa parte do conhecimento de um especialista em determinado assunto. Ainda é inviável pensar na implementação de sistemas que respondam e reajam sobre temas gerais utilizando bases de conhecimento, sendo que para a representação desses, uma base de conhecimento extremamente extensa deve ser construída. Um dos exemplos de SE no Brasil é o projeto Seamed, produto integrado de especialistas da área médica e de profissionais da Ciência da Computação. Este trabalho iniciou-se em

1989, com o desenvolvimento de um sistema para diagnóstico de depressão (LYSSA). Em 1992 foi concluído o sistema SETA para apoio ao uso de psicofármacos nos transtornos afetivos;

- **Planejamento**, que podem gerar planos para executar uma determinada tarefa a menor interferência humana possível. Dentro dessa sub-área da Inteligência Artificial encontramos a Programação Automática que é o estudo de como criar programas capazes de programar o computador com o mínimo de interferência humana;
- **Solução de Problemas**, que busca desenvolver novas metodologias para resolver problemas matemáticos complexos que não podem ser resolvidos com exatidão em tempo razoável. A Inteligência Artificial busca, então, metodologias aproximativas para resolver o problema de forma aproximada e não exata, porém em tempo curto.
- **Reconhecimento de Padrões**, que tem como objetivo desenvolver técnicas capazes de reconhecer diferentes tipos de padrões (visuais, de fala, imagens, comportamento ou fatos) de forma automática sem a interferência humana;
- **Aprendizado de Máquina**, que se preocupa com a criação de algoritmos que permitam ao computador aprender com o ambiente ao qual está exposto. Se fornecermos a um algoritmo de aprendizado uma grande massa de dados, ele será capaz de retirar algumas conclusões sobre as relações existentes nestes dados. Os algoritmos de aprendizado de máquina transformam dados em regras que expressam o que há de importante nos dados.

A abordagem simbolista utiliza várias técnicas para implementar suas soluções, como por exemplo, diferentes tipos de buscas, como a árvores de buscas e buscas heurísticas, bases de conhecimentos, associadas a regras de produção e a sistemas de controle.

Segundo CARVALHO (2005), o paradigma Simbolista da Inteligência Artificial foi oficialmente o único aceitável desde a década de 60 até os anos 80 quando um biólogo e físico, chamado John Hopfield, tomou modelos matemáticos simples de neurônios e com eles construiu uma rede neural com capacidade de simular a memória associativa humana, de acesso pelo conteúdo, e não pelo endereço como nos computadores digitais. Sua rede neural artificial, juntamente com o advento dos primeiros computadores paralelos, levantou importantes questões acerca do paradigma simbolista que, mesmo após 20 anos de intensas

pesquisas, não havia obtido resultados relevantes para a emulação da inteligência. Talvez, o maior dos questionamentos ao paradigma simbolista tenha sido a hipótese da suficiência de estruturas lógicas para o entendimento da mente humana (funcionalismo), desprezando completamente o maquinário cerebral.

A corrente conexionista postula, contrariamente, aos simbolistas, que a estrutura do cérebro é fundamental para o entendimento da mente. Para os conexionistas, os processos mentais emergem do comportamento coletivo de uma população muito grande de elementos computacionais simples (ditos neurônios) que se conectam e trocam sinais de cooperação e competição entre si. A maneira como estes elementos computacionais se interligam é fundamental para o surgimento do processo mental emergente da população, daí o nome conexionista adotado por esta corrente de pensamento. Assim, para os conexionistas, o processo de processamento da informação inteligente não seria mais centralizado e seqüencial, mas paralelo e distribuído no espaço, pois cada neurônio da população executa suas atividades em diferentes locais do espaço e sem sincronia ou seqüenciamento com os demais. A inteligência, para os conexionistas não se encontra em regras heurísticas simbólicas, mas nas conexões entre os neurônios.

Por adotarem um paradigma essencialmente estruturalista, os conexionistas iniciaram seus estudos no início dos anos 80 observando de perto o cérebro, suas regiões, seus núcleos e seus circuitos neuronais. Posteriormente, quando o paradigma se espalhou para áreas interessadas em suas aplicações e descompromissadas com o estudo da mente, o estudo do cérebro foi se tornando secundário para a continuação do paradigma. Aqueles interessados nos mistérios da mente criaram um novo paradigma denominado “Neurociência Computacional”. A Neurociência Computacional é a área da Neurociência que tem por objetivo propor modelos matemáticos e computacionais para simular e entender a função e os mecanismos do sistema nervoso. Por sua própria natureza ela é uma ciência interdisciplinar que combina diferentes campos do saber, como a Neurobiologia, a Física, a Ciência da Computação, a Engenharia Elétrica, a Matemática Aplicada e a Psicobiologia. A Neurociência Computacional é uma área de pesquisa muito jovem e dinâmica, englobando várias técnicas matemáticas e computacionais em diversos níveis de abordagem. O seu uso tem sido crescente em Neurociência e Ciências Cognitivas e nas áreas de interface entre elas e as chamadas ciências exatas.

Uma preocupação que permeia toda a área de Inteligência Artificial é a representação do conhecimento. Alguns dos modelos mais utilizados para a representação do conhecimento são:

- **Redes Semânticas:** Proposta por Quillian em 1968. Utiliza o formalismo de nodos e arcos para a representação, explicando diversos resultados experimentais sobre o comportamento da memória humana. Uma rede semântica é uma notação gráfica composta por nodos interconectados. As redes semânticas podem ser usadas para representação de conhecimento, ou como ferramenta de suporte para sistemas automatizados de inferências sobre o conhecimento. É considerada como uma forma de programação orientada a objetos e tem as vantagens que esses sistemas normalmente apresentam, incluindo a modularidade e a facilidade de visualização por parte das pessoas. Por trás da aparência de simples diagramas de nós e *links*, as redes semânticas têm sido um sucesso, pelo mesmo motivo que o Prolog foi melhor sucedido que os provadores de teoremas lógicos de primeira-ordem, porque a maioria dos formalismos das redes semânticas, tem um modelo muito simples de execução. Programadores podem construir grandes redes e ainda ter uma boa idéia sobre quais *queries* serão mais eficientes, porque é muito simples visualizar os passos do processo de inferência. As redes semânticas se concentram nas categorias de objetos e relacionamento entre eles. Os nodos representam substantivos, adjetivos, pronomes e nomes próprios. Os arcos são reservados basicamente para representar verbos transitivos e preposições. Algumas dessas redes foram desenvolvidas explicitamente para a implementação de hipóteses sobre os mecanismos de cognição humanos, enquanto outros foram desenvolvidos primariamente para eficiência computacional. Algumas vezes, razões computacionais podem levar às mesmas conclusões que as evidencias psicológicas, provando que existe uma ligação conceitual entre elas.
- **Frames:** O modelo de frames para a representação do conhecimento foi introduzido inicialmente em 1975 por Marvin Minsky. Em geral, um frame é uma coleção de atributos, chamados de *slots*, e valores, que descrevem alguma entidade do mundo. Os *frames* integram conhecimento declarativo sobre objetos e eventos e conhecimento procedimental sobre como recuperar informações ou calcular valores. Os atributos também apresentam propriedades, que dizem respeito ao tipo de valores e

às restrições de número que podem ser associadas a cada atributo. Essas propriedades são chamadas “facetadas”. Assim como nas redes semânticas, uma das características nos *frames* é a possibilidade de que sejam criados novos subtipos de objetos que herdem todos as propriedades da classe original. Essa herança é bastante usada tanto para a representação do conhecimento como para a utilização de mecanismos de inferência.

- **Redes Bayesianas** são um modelo de representação do conhecimento que trabalham com o conhecimento incerto e incompleto através da Teoria da Probabilidade Bayesiana, publicada pelo matemático Thomas Bayes em 1763. O conhecimento incerto é aquele que apresenta deficiências. Em algum momento, os dados podem ter uma representação não exata, parcial ou aproximada da realidade (BHATNAGAR *et al*, 1986). Essa representação tem como uma das suas principais características a adaptabilidade, podendo, a partir de novas informações, e com base em informações de fundo verdadeiro, gerar alterações nas dependências e nos seus conceitos. Permite, dessa forma, que as probabilidades não sejam meros acasos, podendo confirmar e criar novos conceitos. É importante observar que o modelo baseia-se em probabilidades prévias mais algumas informações com nível de incerteza, para representar o conhecimento. Um modelo totalmente incerto não seria de grande utilidade e não teria ponto de partida para a manipulação de suas situações e a geração de novas representações. A representação da Rede Bayesiana é feita através de um grafo direcionado acíclico, no qual os nós representam variáveis de um domínio e os arcos representam a dependência condicional ou informativa entre as variáveis. Para representar a força da dependência, são utilizadas probabilidades, associadas a cada grupo de nós pais-filhos na rede (PEARL, 1988).

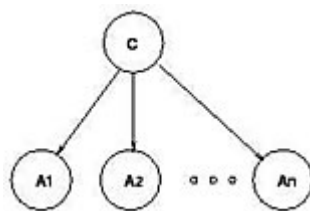


Figura 3.1.1 – Exemplo de Rede Bayesiana mostrando as folhas da árvore independentes entre si.

Atualmente a utilização das Redes Bayesianas tem crescido bastante para a resolução de problemas relacionados à WEB. A filtragem de SPAM, usualmente feita através da utilização de filtros que não contém inteligência, está com projetos tal como o Bogofilter (RAYMOND, 2003), que propõe a utilização de mecanismos de Inteligência Artificial para aumentar a sua eficiência.

Ao longo deste trabalho de pesquisa várias técnicas inteligentes foram investigadas, no entanto, duas delas foram utilizadas para avaliação cognitiva e análise inteligente dos resultados experimentais: um modelo híbrido *neurofuzzy* denominado ANFIS e as Redes Bayesianas. Essas técnicas serão detalhadas nas próximas seções.

3.2 Lógica *Fuzzy* e Redes Neurais como Ferramentas Inteligentes

Novas tecnologias são inventadas devido às necessidades específicas. O advento da lógica *fuzzy* foi causado pela necessidade de um método capaz de expressar de uma maneira sistemática quantidades imprecisas, vagas, mal-definidas. Por exemplo, em vez de se utilizar um modelo matemático, os controladores baseados em lógica fuzzy podem ser investidos com o conhecimento experimental de operadores humanos já treinados, fazendo com que a ação de controle seja tão boa e consistente como a deles. A lógica *fuzzy* é também útil em tarefas de tomadas de decisão, onde as variáveis individuais não são definidas em termos exatos.

Os sistemas de decisão criados com lógica *fuzzy* são normalmente robustos, operam com falta de regras ou regras defeituosas, necessitam menos regras, e pode-se avaliá-las paralelamente, acumulando-se evidências contra e a favor. Esses sistemas são mais fáceis de entender, manter, testar e podem ser prototipados em menos tempo que muitos outros mecanismos.

A característica especial da lógica *fuzzy*, também referida como lógica nebulosa, lógica difusa e em alguns casos por teoria de possibilidades, é a de representar uma forma inovadora de manuseio de informações imprecisas, de forma muito distinta da teoria da probabilidade. A lógica *fuzzy* provê um método de traduzir expressões verbais, vagas, incertas e qualitativas, comuns na comunicação humana em uma forma compreensível pelos computadores. A Figura 3.2.1 mostra sinteticamente a utilização de lógica *fuzzy* para aproximação de funções.

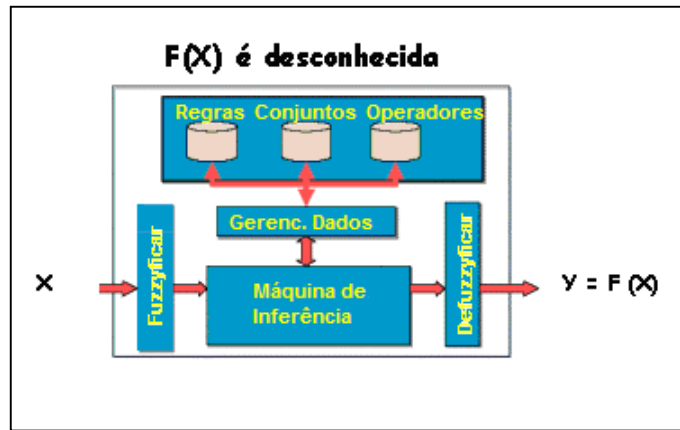


Figura 3.2.1: Aproximação de funções utilizando lógica fuzzy.

A tecnologia possibilitada pelo enfoque fuzzy tem um imenso valor prático, na qual se torna possível a inclusão da experiência de operadores humanos, possibilitando estratégias de tomadas de decisão em problemas complexos.

A teoria *fuzzy* pode, também, ser agregada aos sistemas de redes neurais, os chamados sistemas neurofuzzy, que aumentam a capacidade de aprendizado através de interface com dados numéricos, informações vagas, incertas, qualitativas, comunicações verbais, capacidade de aprendizado e de formulação de estratégias de tomadas de decisão que são características humanas, portanto a teoria *fuzzy*, redes neurais e redes neurofuzzy são referidas como inteligentes, devido ao fato de emularem a inteligência humana.

Controladores que combinam técnicas convencionais e inteligentes são geralmente utilizados no controle inteligente de sistemas dinâmicos complexos. Controladores fuzzy operacionais ou supervisórios representam um típico exemplo onde apenas uma função de controle da estratégia global utiliza o enfoque fuzzy. Controladores fuzzy operacionais automatizam apenas o que tradicionalmente tem sido legado aos seres humanos como tarefa. Por exemplo, os sistemas supervisórios de controles industriais, onde o valor de referência (*set-point*) podem ser controlados por uma estratégia *fuzzy*, representam uma aplicação bem sucedida na área industrial. Nesses casos, a experiência de um operador humano pode ser capturada em um controlador *fuzzy*, providenciando uma técnica heurística para se projetar os algoritmos de supervisão.

A implementação de sistemas de controle e decisão baseados em lógica *fuzzy* freqüentemente se torna eficiente devido aos seguintes pontos:

- Estratégias de controle *fuzzy* nascem da experiência e de experimentos, em vez de modelos matemáticos, que são mais complexos e muitas das vezes não conhecidos para uma determinada situação. Uma implementação lingüística se torna muito mais rápida de se implementar.
- Estratégias de controle *fuzzy* envolvem um número muito grande entradas, a minoria das relevantes apenas para condições especiais. Tais entradas são ativadas apenas quando condições específicas prevalecem. Dessa forma, algumas condições raras ou excepcionais podem ser incorporadas com pouquíssimo *overhead* computacional, e ainda assim a estrutura de software permanece transparente e compreensível.
- Estratégias de lógica *fuzzy* implementadas em produtos comerciais, voltadas para o mercado de massa, mostram-se ser de custo baixo. Comparadas com soluções convencionais de controle, a lógica *fuzzy* é freqüentemente mais eficiente, ao se comparar a codificação e o tempo computacional de execução.

Uma outra ferramenta muito poderosa em controle inteligente é aplicação de redes neurais artificiais, que emulam as funções biológicas de baixo nível em nosso cérebro para resolver tarefas de controle. Redes neurais têm a capacidade de aprender como controlar um sistema, através de exemplos numéricos entre dado de entrada e saída do mesmo, enquanto que a técnica *fuzzy* pode aprender através de exemplos semânticos.

Um sistema inteligente ideal permitiria a criação de sistemas autônomos, os quais poderiam executar complexas tarefas de controle sob todas as condições de operação de um processo, mesmo na presença de falhas, sem supervisão ou intervenção de operadores externos.

Outra possibilidade oferecida por técnicas inteligentes é a criação de sistemas adaptativos. Sistemas adaptativos são sistemas que se adaptam ao usuário, semelhantes aos modelos de alunos dos Sistemas de Tutores Inteligentes (STI). Diferentes técnicas podem ser utilizadas para prover adaptação. Lógica fuzzy, por exemplo, utiliza regras que expressam as imprecisões e as aproximações do mundo real. Através de técnicas de aprendizado e generalizações utilizando exemplos particulares provenientes da observação do comportamento do processo numa situação dinâmica, ou variante no tempo é possível,

utilizando lógica *fuzzy*, implementar algo próximo ao raciocínio indutivo. Esse enfoque é geralmente referido como controle *fuzzy* aprendiz ou como controle *fuzzy* adaptativo. Vantagens significativas podem ser obtidas de controladores que podem aprender com a experiência, de tal forma que quando uma situação é encontrada repetidamente, estes controladores saberão como gerenciar o problema. Os sistemas *fuzzy* adaptativos podem se ajustar às mudanças no ambiente devido à sua habilidade de aprender e explicar seu raciocínio, além de poderem ser modificados e estendidos. Tal equilíbrio entre a aprendizagem por exemplos e a codificação do conhecimento humano explícito fazem com que tais sistemas sejam muito robustos, extensíveis e passíveis de serem aplicados em uma larga gama de problemas.

A lógica *fuzzy* fornece recursos para a captura de incertezas associadas com os processos de pensamento humano, através do emprego de definições lingüísticas de variáveis utilizadas em um sistema com uma base de regras. Esse sistema de base de regras pode expressar o comportamento de um processo, através de relações do tipo SE...ENTÃO, que podem ser obtidas, por exemplo, através da entrevista de operadores do processo que está sendo modelado. Na ausência de operadores humanos, treinados no processo, o comportamento dos sistemas está geralmente contido em conjuntos de dados. Pode ser complexo, ou muito dispendioso se extrair regras SE...ENTÃO através de manuseio dos dados. Entretanto, as redes neurais, treinadas com os conjuntos de dados que contém o comportamento desejado do sistema, podem extrair tais regras e passá-las ao controlador *fuzzy*. Assim, a combinação dessas duas tecnologias pode conter uma resposta completa aos problemas de projeto de sistemas inteligentes.

As redes neurais oferecem características inteligentes muito interessantes, tais como: aprendizagem, adaptação, tolerância à falhas e generalização. Assim, o ponto forte de aplicação de redes neurais está em reconhecimento de padrões, reconhecimento de caracteres e formas, estimação de funções não-lineares, previsões financeiras e controle de processos. Na ausência de modelos matemáticos, as redes podem utilizar um histórico de dados para modelos preditivos. A Tabela 3.2.1 mostra de forma sintética uma comparação entre algumas características de sistemas *fuzzy* e redes neurais.

Tabela 3.2.1: Comparação entre sistemas *fuzzy* e neurais.

	Sistemas <i>fuzzy</i>	Redes Neurais
Aquisição de conhecimento	Especialistas humanos	Dados Numéricos
Método de treinamento	Interação/indução	Algoritmos/ajuste de pesos
Tipo de incerteza	Qualitativa/quantitativa	Quantitativa
Raciocínio	Busca heurística	Computação paralela
Interface lingüística	Explícita	Não evidente
Tolerância a falhas	Evidente	Muito Alta
Robustez	Muito alta	Muito alta

Em projetos baseados em controle inteligente, as mais promissoras soluções são as que combinam as características de lógica *fuzzy* e de redes neurais. Por convenção, os sistemas neurofuzzy são aqueles que consistem de uma rede neural que possa de alguma forma gerar as regras e/ou as funções de pertinência para os sistemas fuzzy. Em síntese a designação neurofuzzy significa a incorporação de uma rede neural em um sistema fuzzy existente. Em contraste aos sistemas neurofuzzy, o termo rede fuzzyneural (RFN) refere-se à incorporação da tecnologia *fuzzy* em sistema neural. Uma das mais comuns de implementação é fuzzificação dos dados de entrada. Ambos os enfoques neurofuzzy e fuzzy neural possibilitam a extração de regras de dados numéricos.

3.3 Modelo ANFIS

Todo modelo desenvolvido tem limitações. As redes neurais são ótimas em reconhecimento de padrões, porém não são boas em explicar como obtêm suas respostas. Os sistemas *fuzzy* podem raciocinar com informações imprecisas, seus resultados são facilmente explicáveis, mas não podem adquirir automaticamente as regras que utilizam para produzir os resultados. Essas limitações, em geral, são suprimidas com a combinação dessas técnicas formando um sistema híbrido. Os sistemas neurofuzzy estão entre os sistemas híbridos mais pesquisados na atualidade, por associarem vantagens de duas técnicas de modelagem muito populares como as Redes Neurais Artificiais (RNA) e a Lógica *Fuzzy*. Esses sistemas combinam a capacidade de aprendizado das RNA com o poder de interpretação lingüístico dos sistemas de inferência *fuzzy*. O interesse por esse sistema deve-se principalmente à confluência dos seguintes fatores:

- aplicabilidade dos algoritmos de aprendizado desenvolvidos para redes neurais;
- possibilidade de promover a integração de conhecimentos (implícito e explícito); e

- possibilidade de extração de conhecimento, sob o formato de regras *fuzzy*, a partir de um conjunto de dados.

O sistema neurofuzzy *Adaptive Network-based Fuzzy Inference System* (ANFIS) foi proposto por JANG (1997). A Figura 3.3.1 apresenta a arquitetura geral ANFIS.

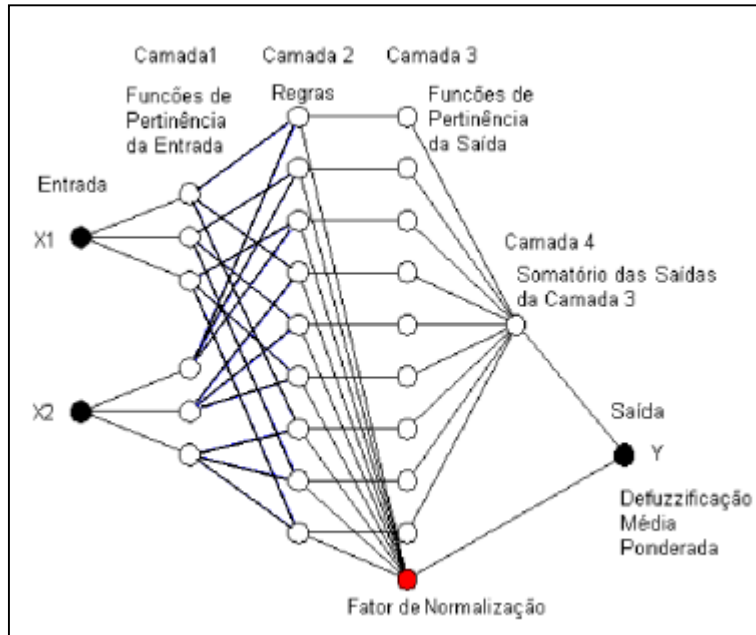


Figura 3.3.1: Sistema de Inferência neurofuzzy ANFIS.

Como pode ser observado na Figura 3.3.1, pode-se representar um sistema de inferência *fuzzy* como uma rede neural multicamada direta. A primeira camada representa as funções de pertinência da entrada, a segunda representa as regras, a terceira representa as funções de pertinência da saída e a quarta representa o somatório das saídas da terceira camada.

A configuração de sistema ANFIS é muito simples. Primeiramente, devem ser escolhidas quantas e quais serão as funções de pertinência para a entrada do sistema. Depois, usam-se os dados de treinamento de entrada-saída para treinar o sistema. É importante ressaltar que o sistema será bem modelado se o conjunto de treinamento for suficientemente representativo, ou seja, que possua uma distribuição razoável de valores para que se torne possível interpolar todos os valores para a operação do sistema.

O treinamento do modelo ANFIS é realizado em duas etapas. Na primeira etapa os parâmetros dos antecedentes ficam fixos e os conseqüentes são estimados pelo método dos

mínimos quadrados ordinários (MQO). Já na segunda etapa os parâmetros dos consequentes ficam fixos e os parâmetros dos antecedentes são ajustados pelo algoritmo Gradiente Descendente. O processo de aprendizado termina quando é atingida a tolerância do erro médio quadrático ou o número máximo de épocas definido pelo usuário.

O modelo de inferência *fuzzy* implementado no ANFIS é o de Takagi-Sugeno de primeira ordem, onde a saída de cada regra é uma combinação linear das variáveis de entrada:

$$\text{Regra: SE } x_1 \text{ é A E } x_2 \text{ é B ENTÃO } y = px_1 + qx_2 + r.$$

A saída do sistema é obtida pela média ponderada (procedimento de defuzzificação) das saídas de cada regra, usando-se o grau de disparo (*firing strength*) destas regras como pesos de ponderação.

Como sistemas neurofuzzy são arquiteturas, que utilizam sistemas *fuzzy* para representar e processar o conhecimento de forma clara e de fácil interpretação, e que aproveitam a capacidade de aprendizado das redes neurais, modelos utilizando redes neurais e sistemas baseados em regras *fuzzy* têm surgido como uma alternativa aos modelos tradicionais em diagnóstico médico. Em CASTANHO (2007) é apresentado um sistema híbrido, baseado no modelo ANFIS (*Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System*), que combina a capacidade de aprendizagem das redes neurais com a facilidade de interpretação dos sistemas *fuzzy*, para prognóstico de câncer de próstata utilizando dados de 190 pacientes submetidos a prostatectomia radical. Segundo a autora desses trabalhos temos que:

“Os sistemas neurofuzzy são uma boa opção para o desenvolvimento de sistemas de diagnóstico quando se dispõe de um grande número de dados experimentais.”
(CASTANHO, 2007)

3.4 Redes Bayesianas

Alguns pesquisadores como MARQUES e DUTRA (2007) dividem os estudos realizados em Inteligência Artificial em duas grandes áreas: o desenvolvimento de sistemas que agem como humanos (robôs) e o desenvolvimento de sistemas que agem racionalmente. Dentro do contexto dos sistemas que agem racionalmente, duas abordagens principais podem ser utilizadas: raciocínio lógico e raciocínio probabilístico. O raciocínio

lógico pondera sobre o conhecimento prévio a respeito do problema e, sobre esta base de conhecimento retira suas conclusões. Esta abordagem, apesar de poderosa, pode não ser útil em situações onde não se conhece previamente todo o escopo do problema, para estes casos, o raciocínio probabilístico surge como uma boa opção.

Um sistema que possa atuar em situações de incerteza deve ser capaz de atribuir níveis de confiabilidade para todas as sentenças em sua base de conhecimento, e ainda, estabelecer relações entre as sentenças. As Redes Bayesianas oferecem uma abordagem para o raciocínio probabilístico que engloba teoria de grafos, para o estabelecimento das relações entre sentenças e ainda, teoria de probabilidades, para a atribuição de níveis de confiabilidade. Como as Redes Bayesianas são grafos acíclicos dirigidos que representam dependências entre variáveis em um modelo probabilístico, ela representa uma boa estratégia para lidar com problemas que tratam incertezas, onde conclusões não podem ser construídas apenas do conhecimento prévio a respeito do problema.

Matematicamente, uma Rede Bayesiana é uma representação compacta de uma tabela de conjunção de probabilidades do universo do problema. Por outro lado, do ponto de vista de um especialista, Redes Bayesianas constituem um modelo gráfico que representa de forma simples as relações de causalidade das variáveis de um sistema.

Uma Rede Bayesiana consiste do seguinte:

- Um conjunto de variáveis e um conjunto de arcos ligando as variáveis;
- Cada variável possui um conjunto limitado de estados mutuamente exclusivos;
- As variáveis e arcos formam um grafo dirigido sem ciclos;
- Para cada variável A que possui pais B_1, \dots, B_n , existe uma tabela de probabilidades $P(A \mid B_1, \dots, B_n)$.

Uma vez definida a topologia da rede, basta especificar as probabilidades dos nós que participam em dependências diretas, e utilizar estas para computar as demais probabilidades que se deseje.

Para aplicação da regra de *Bayes* precisamos de três termos: uma probabilidade condicional e duas incondicionais. Inferências sobre Redes Bayesianas podem ser executadas em tempo linear, porém, para a maioria das topologias de rede, inferências

possuem complexidade *NP-hard*. Algumas técnicas podem ser aplicadas para se obter tempo linear, mesmo em topologias que impossibilitariam este fato, entretanto, este ainda é um dos grandes desafios ao se desenvolver uma.

A maior parte das pesquisas sobre Redes Bayesianas começou na década de 90. Desde esta época, as Redes Bayesianas vêm sendo utilizadas para a solução de vários tipos de problemas em diversas áreas, como por exemplo: aprendizado de mapas, interpretação de linguagem e visão, entretanto, seu principal foco de utilização tem sido a área de diagnósticos, principalmente, diagnósticos médicos. A seguir serão apresentados alguns projetos:

. *Pathfinder*, Heckerman 1990. Stanford – Sistema para diagnósticos de problemas nas glândulas linfáticas. O sistema trata mais de 60 enfermidades sob as probabilidades de mais de 100 causas (sintomas e resultados de testes médicos).

. *Map Learning*, Ken Basye 1990. Brown University – Este projeto combina problemas de diagnóstico e teoria de decisão. Um robô deve percorrer um “labirinto”, procurando aprender os caminhos percorridos e, ao mesmo tempo, explorar caminhos desconhecidos. O robô deve ponderar entre seguir um caminho conhecido até seu objetivo e a tentativa de se descobrir um novo caminho.

. *AutoClass*, NASA’s Ames Research Center, 1998 - Sistema de exploração e aquisição de conhecimento espacial. Este projeto está desenvolvendo uma Rede Bayesiana que permita a interpolação automática de dados espaciais oriundos de diferentes observatórios e planetários espalhados pelo mundo.

. *Lumiere*, Microsoft Research, 1998 – O projeto pretende criar um sistema que possa automaticamente e inteligentemente interagir com outros sistemas, antecipando os objetivos e necessidades dos usuários.

No Brasil, podemos encontrar outros projetos aplicados ao auxílio de diagnósticos médicos como o projeto executado por PESSETE e VIEIRA (2002), onde é descrita a utilização do sistema especialista sistema de apoio à decisão médica baseado na aplicação

de redes probabilísticas (Redes Bayesianas) denominado SEAMED V 2.0, usando o domínio de conhecimento em cardiopatias congênitas.

Outro exemplo é o sistema proposto por SAHEKI (2005), onde foi construído um sistema especialista aplicado ao diagnóstico de doenças cardíacas usando como ferramenta computacional redes bayesianas. Nesse trabalho foi desenvolvido um software livre multiplataforma para definir redes bayesianas denominado iBNetz.

Para termos uma idéia de como é construída uma Rede Bayesiana, vamos apresentar um exemplo clássico extraído de PEARL (1988).

- Situação: *“Um sistema de alarme instalado em uma casa é ativado com grande confiabilidade pela intrusão de estranhos, mas também responde quando existem pequenos tremores de terra. Dois vizinhos se comprometem em telefonar para o emprego do dono da casa quando ouvirem o alarme:*
 - *Maria: costuma ouvir música muito alta e por vezes não ouve o alarme;*
 - *João: telefona sempre que ouve o alarme, mas por vezes confunde o alarme com o toque do telefone.”*
- Questão: Dada a evidência de que alguém telefonou ou não telefonou, gostaríamos de estimar a probabilidade de haver um assalto.
- Solução:
 - O primeiro passo é especificar a topologia da rede, como pode ser verificado na Figura 3.4.1.

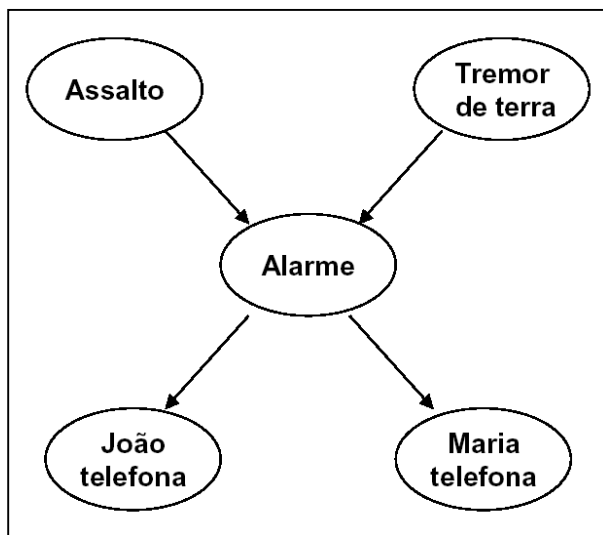


Figura 3.4.1: Topologia da Rede Bayesiana para o problema do alarme.

- Em seguida é construída a tabela de probabilidades condicionadas para cada nó, que pode ser visualizada na Tabela 3.4.1;

Tabela 3.4.1: Tabela de probabilidades condicionadas para cada nó

		P(Alarme Ass.,Terr.)	
Assalto	Terramoto	Verdade	Falso
Verdade	Verdade	0.950	0.050
Verdade	falso	0.950	0.050
Falso	Verdade	0.290	0.710
Falso	Falso	0.001	0.999

- Finalmente é calculada a distribuição conjunta de probabilidade, como pode ser verificado na Figura 3.4.2.

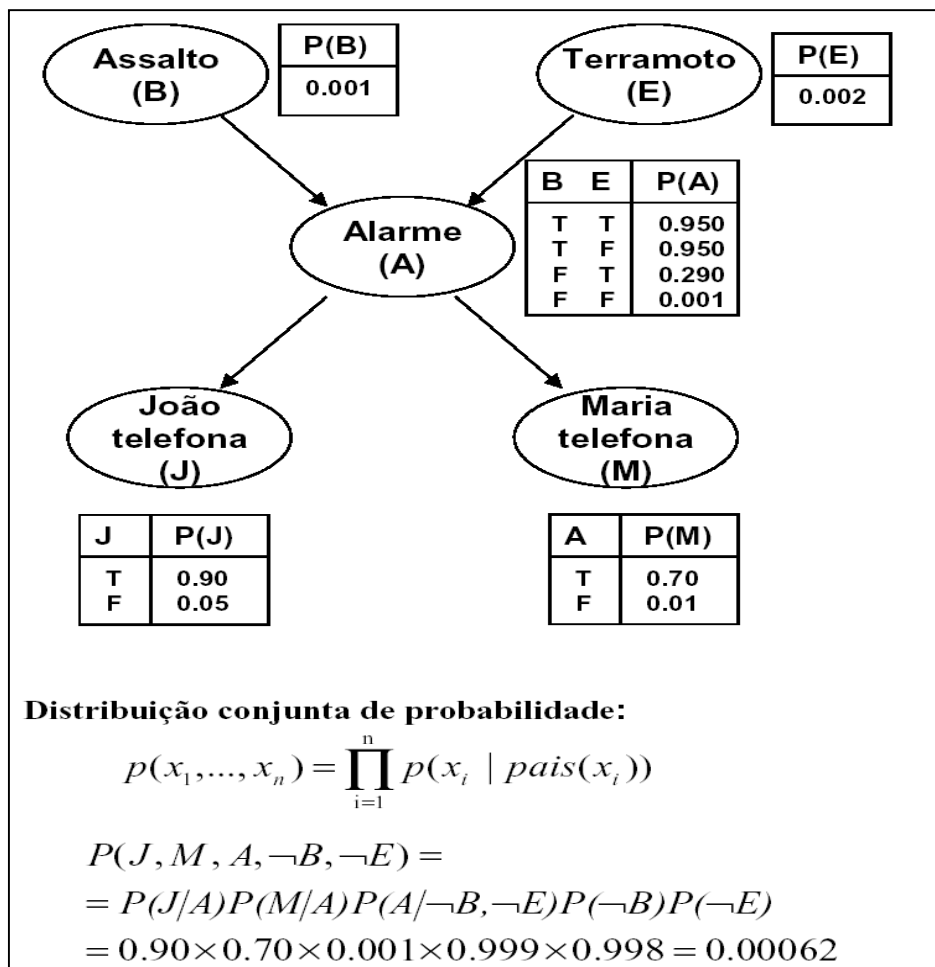


Figura 3.4.2: Solução para o problema do alarme usando Rede Bayesiana.

O próximo exemplo foi extraído de MARQUES e DUTRA (2007) e mostra como as probabilidades podem ser calculadas usando as Redes Bayesianas para um diagnóstico médico.

- Situação: “*um médico sabe que a meningite causa torcicolo em 50% dos casos. Porém, o médico também conhece algumas probabilidades incondicionais que dizem que, um caso de meningite atinge 1/50000 pessoas e, a probabilidade de alguém ter torcicolo é de 1/20.*”
- Para aplicação da regra de Bayes precisamos de três termos: uma probabilidade condicional e duas incondicionais.: Considere T e M , respectivamente, como a probabilidade condicional de um paciente ter torcicolo e a probabilidade incondicional de um paciente ter meningite.

Assim:

$$P(T/M) = 0.5 \text{ (probabilidade de ter torcicolo tendo meningite)}$$

$$P(M) = 1/50000$$

$$P(T) = 1/20$$

Aplicando a rede de Bayes:

$$P(M/T) = (P(T/M)P(M))/P(T) = (0.5 \times 1/50000)/(1/20) = 0.0002$$

Ou seja, é esperado que apenas 1 em 5000 pacientes com torcicolo tenha meningite. Note que mesmo tendo torcicolo uma alta probabilidade nos casos de meningite (0.5), a probabilidade de um paciente ter meningite continua pequena, devido ao fato de a probabilidade incondicional de torcicolo ser muito maior que a probabilidade de meningite.

Uma argumentação válida surge do fato de que o médico poderia também possuir a probabilidade incondicional $P(M/T)$, a partir de amostras de seu universo de pacientes, da mesma forma que $P(T/M)$, evitando o cálculo realizado anteriormente. Porém, imagine que um surto de meningite aflija o universo de pacientes do médico em questão, aumentando o valor de $P(M)$. Caso $P(M/T)$ tenha sido calculado estatisticamente a partir de observações em seus pacientes, o médico não terá nenhuma idéia de como este valor será atualizado (visto que $P(M)$ aumentou). Entretanto, caso tenha realizado o cálculo de $P(M/T)$ em relação aos outros três valores (como demonstrado) o médico verificará que $P(M/T)$ crescerá proporcionalmente em relação a $P(M)$.

Considere agora que um paciente pode estar com problema de coluna C , dado que está com torcicolo: $P(C/T) = (P(T/C)P(C))/P(T)$.

Utilizando $P(M/T)$ podemos calcular a probabilidade relativa de C em M dado T , ou, em outras palavras, a marginalização de M e C . Considerando que $P(T/C) = 0.8$ e $P(C) = 1/1000$. Então:

$$P(M/T)/P(C/T) = (P(T/M)P(M))/(P(T/C)P(C)) = (0.5 \times 1/50000)/(0.8 \times 1/1000) = 1/80$$

Isto é, Problema de coluna C é 80 vezes mais comum que meningite M , dado torcicolo. Estes e outros exemplos mostram que Redes Bayesianas constituem uma forma natural para representação de informações condicionalmente independentes. E ainda, possibilitam a representação compacta de uma tabela de conjunção de probabilidades. Em outras palavras, Redes Bayesianas, oferecem uma boa solução para problemas onde conclusões não podem ser obtidas apenas do domínio do problema, onde, o uso de probabilidades é exigido, como é o caso na área médica para auxílio ao diagnóstico.

A criação e a utilização de Redes Bayesianas envolvem um corpo de conhecimento teórico próprio, que pode ser encontrado de forma clara e sintética em MARQUES e DUTRA (2007).

4. Jogos e Técnicas Inteligentes na Captura e Avaliação Cognitiva

A pesquisa desenvolvida neste trabalho de doutorado, em sua etapa inicial, envolveu o estudo das funções e disfunções executivas, testes neuropsicológicos utilizados em sua avaliação e a escolha de uma patologia no caso o TDAH, para avaliar suas principais características e a possibilidade de utilização de recursos de inteligentes para auxiliar no processo de avaliação cognitiva. A investigação de diferentes recursos de inteligência artificial e técnicas de desenvolvimento de jogos que possibilitaram a implementação de um jogo computacional especificamente concebido e implementado para realizar Captura Cognitiva e auxiliar no processo de diagnóstico do TDAH.

Ao longo desse processo de pesquisa foi escolhido um teste neuropsicológico utilizado clinicamente no diagnóstico de disfunções executivas o **Teste do Mapa do Zoológico** que serviu de inspiração para a implementação de dois jogos: o Jogo do Zoológico e o Jogo do Supermercado.

4.1 – O teste do Mapa do Zoológico

O *Zoo Map Test* contido na Bateria *Behavioural Assessment of Disexecutive Syndrome* (BADS) é um exemplo clássico de um teste neuropsicológico para avaliação de disfunção executiva que envolve a realização de tarefas de planejamento e execução um percurso em labirinto. Esse teste, padronizado e patenteado, atualmente é realizado em papel e serviu de inspiração inicial para o desenvolvimento de um jogo inteligente que possibilitasse a avaliação de possíveis portadores de TDAH. Originalmente, ele possui duas versões. A primeira versão visa avaliar a capacidade de planejamento, enquanto a segunda avalia a capacidade de execução. Ambas as versões possuem o mesmo mapa com diversas regiões e as mesmas regras básicas. Segundo ANDRADE *et al* (2004a), a Figura 4.1.1 mostra um esboço do mapa e as suas respectivas regiões que podem ser encontradas no Teste do Mapa do Zoológico.



Figura 4.1.1: Esquema das regiões do Teste do Mapa do Zoológico.

Na Figura 4.1.1 é possível observar treze regiões não pontilhadas, onde o jogador só pode passar uma vez. Caso alguma destas partes seja percorrida novamente, marca-se um ponto de erro. Por exemplo, se um mesmo caminho não pontilhado tiver sido usado três vezes, dois pontos de erro serão marcados. Desconta-se, também, um ponto para cada vez que o jogador não fizer um caminho contínuo pelas vias como, por exemplo, pular de um lugar para o outro passando pela grama.

Na versão 1 é apresentado um mapa de um jardim zoológico onde locais obrigatórios devem ser visitados e regras específicas devem ser seguidas. O paciente deve traçar uma estratégia válida para cumprir o percurso. A atividade avaliada nessa versão do teste, primordialmente, é a capacidade de planejamento. A Figura 4.1.2 mostra um esboço dessa versão em papel.

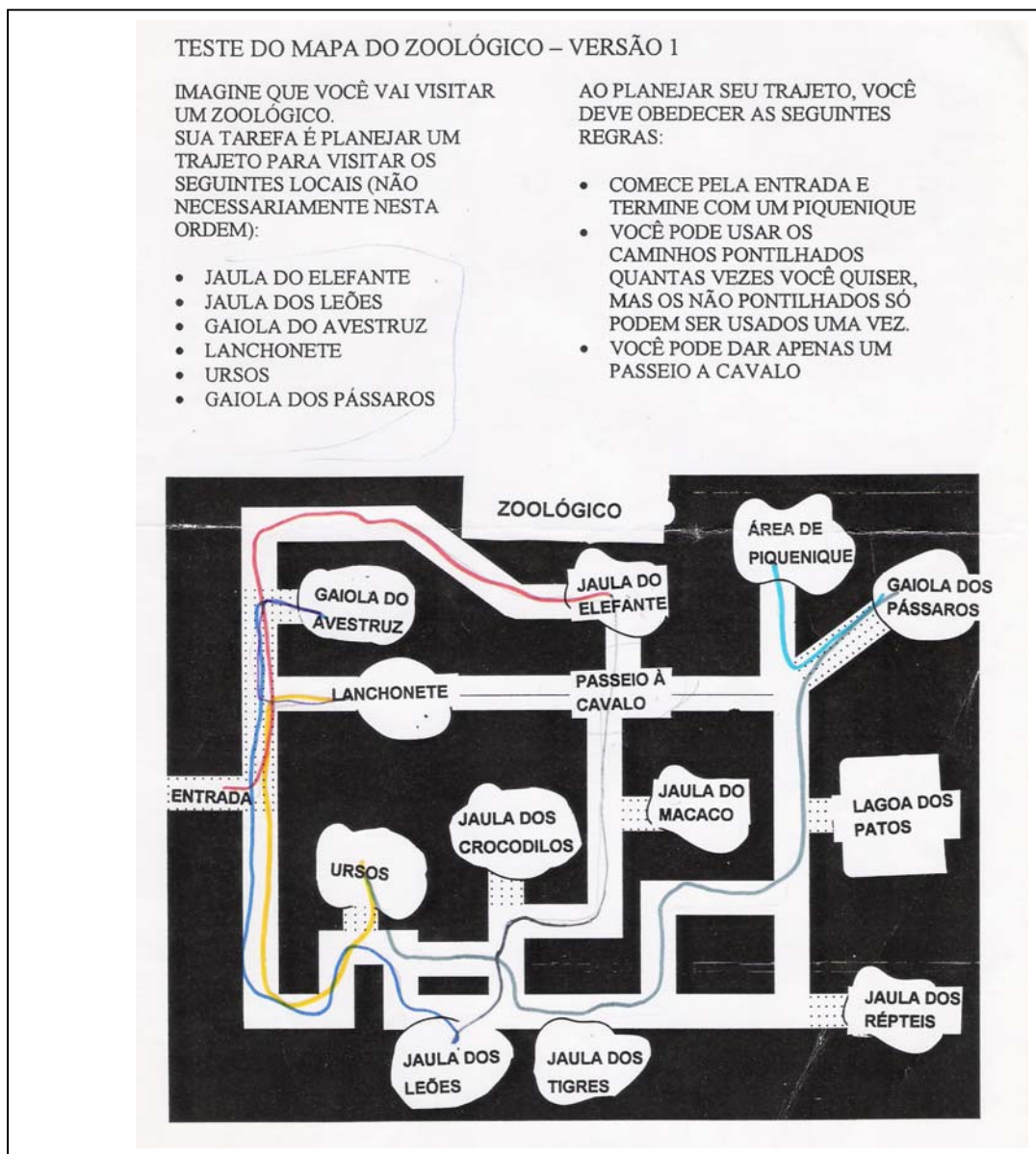


Figura 4.1.2: Teste do Mapa do Zoológico - Versão 1.

A versão 2 possui o mesmo trajeto e as mesmas regras específicas da versão 1, apresentando um percurso válido que deve ser seguido pelo paciente. A atividade avaliada nessa versão é a capacidade de execução. A Figura 4.1.3 mostra um esboço dessa versão em papel.

TESTE DO MAPA DO ZOOLOGICO – VERSÃO 2

40

IMAGINE QUE VOCÊ VAI VISITAR UM ZOOLOGICO. SUA TAREFA É PLANEJAR UM TRAJETO PARA VISITAR OS SEGUINTE LOCAIS NA ORDEM INDICADA:

- 1) DA ENTRADA VISITE A GAIOLA DO AVESTRUZ
- 2) DA GAIOLA DO AVESTRUZ VISITE A JAULA DO ELEFANTE
- 3) DEPOIS DE VISITAR A JAULA DO ELEFANTE, VÁ PARA A LANCHONETE PARA BEBER ALGO
- 4) DA LANCHONETE VISITE OS URSOS
- 5) VISITE A JAULA DOS LEÕES DEPOIS DOS URSOS
- 6) DA JAULA DOS LEÕES VÁ PARA A GAIOLA DOS PASSÁROS
- 7) FINALMENTE, TERMINE SUA VISITA COM UM PIQUENIQUE

AO PLANEJAR SEU TRAJETO, VOCÊ DEVE OBEDECER AS SEGUINTE REGRAS:

- COMECE PELA ENTRADA E TERMINE COM UM PIQUENIQUE
- VOCÊ PODE USAR OS CAMINHOS PONTILHADOS QUANTAS VEZES VOCÊ QUISE, MAS OS NÃO PONTILHADOS SÓ PODEM SER USADOS UMA VEZ.
- VOCÊ PODE DAR APENAS UM PASSEIO A CAVALO



Figura 4.1.3: Teste do Mapa do Zoológico – Versão 2.

Em ambas as versões o teste é realizado utilizando canetas de diferentes cores para marcar a seqüência em que o paciente está realizando os trajetos possíveis. Enquanto o

paciente executa seu trajeto, o avaliador precisa marcar quais cores foram utilizadas e em que ordem para posterior avaliação. A avaliação final do resultado é realizada utilizando uma tabela com os percursos válidos e pontos são atribuídos aos trajetos realizados na ordem correta. Caso o paciente cometa erros ou não considere as regras estipuladas pontos são retirados do seu escore. O valor dos pontos obtidos e o tempo de realização do teste são utilizados para gerar um escore final, que segundo uma tabela pré-definida, indica o grau de comprometimento global do paciente. A Figura 4.1.4 mostra o formulário de avaliação utilizado para controle pelo neuropsicólogo no processo de avaliação.

SEQUÊNCIA USADA VERSÃO 1		SEQUÊNCIA USADA VERSÃO 2	
Tempo de planejamento	2'	Tempo de planejamento	2''
Tempo total	1'01''	Tempo total	47''
Escore total		Escore total	

Se o tempo de planejamento da versão 2 for maior do que 15 segundos, diminua 1 do escore.
Se o tempo total da versão 2 for maior que 123 segundos, diminua 1 do escore.

ESCORE BRUTO	ESCORE TOTAL
16	4
11-15	3
6-10	2
1-5	1
≤ 0	0

Figura 4.1.4: Quadro de avaliação do Teste do Mapa do Zoológico.

Após avaliação do teste do Mapa do Zoológico e uma detalhada pesquisa do processo de diagnóstico de portadores de TDAH, foi prototipada uma versão computacional de um jogo em 3D, inspirado do teste do mapa do zoológico, intitulado Jogo do Mapa do Zoológico. O objetivo principal dessa primeira versão do jogo foi investigar algumas

questões com relação às tecnologias empregadas, interface com o usuário, criação das regras e a possibilidade de utilização de recursos de inteligência artificial para facilitar o processo de captura e avaliação cognitiva. A Figura 4.1.5 mostra a interface criada nessa etapa do trabalho.



Figura 4.1.5: Interface do Jogo do Zoológico.

A principal crítica realizada no processo de validação do Jogo do Zoológico, pelo psiquiatra e pelos neuropsicólogos foi a dificuldade de traçar uma estratégia, a priori, pelo paciente em um jogo em 3D. Para solucionar o problema foi acrescentado um mapa em 2D na interface. Após uma reavaliação do jogo pela equipe, foram introduzidas duas alterações significativas: a primeira foi a mudança de contexto de uma visita ao jardim zoológico para compras em um supermercado, sugerida pelo Dr. Paulo Mattos, para que o jogo envolvesse uma atividade mais ligada cotidiano de pacientes adultos (público alvo de nossa pesquisa), a segunda alteração foi a utilização de 2D para tornar mais clara atividade e facilitar as funções de planejamento e execução das tarefas solicitadas ao paciente durante o jogo. Estas alterações foram implementadas e incorporadas em um novo jogo intitulado **Jogo do Supermercado**.

4.2 Detalhamento do Jogo do Supermercado

O Jogo do Supermercado, concebido para auxiliar na avaliação de disfunção executiva, mas especificamente no TDAH, foi definido após a investigação do processo de diagnóstico realizado por neuropsicólogos através da utilização de testes neuropsicológicos. Esses testes, na sua maioria, envolvem percursos semelhantes labirintos e/ou execução de tarefas específicas. O Jogo do Supermercado foi inspirado no Teste do Mapa do Zoológico (*Zoo Map Test*).

O Jogo do Supermercado é basicamente um labirinto que deve ser percorrido enquanto o jogador adquire itens mostrados em uma lista de compras. A Figura 4.2.1 mostra a tela principal do jogo. A interface do jogo possui um mapa de um supermercado, uma lista de compras, à direita da interface, que exibe os itens obrigatórios que devem ser adquiridos pelo jogador, o escore, ou seja, o número de pontos obtido pelo jogador e o tempo gasto na jogada. A navegação, ou seja, a manipulação do personagem é feita através da utilização das teclas de setas do teclado.



O jogo foi desenvolvido em duas versões. A versão 1 fornece uma lista de compras, onde os itens podem ser adquiridos em qualquer ordem, mas um plano de ação

deve ser elaborado, pelo jogador, para minimizar o tempo gasto na fase, além de não quebrar nenhuma regra básica estipulado no jogo. A função avaliada na Versão 1 é prioritariamente a capacidade de planejamento do jogador. A Versão 2 também fornece uma lista de compras, mas seus itens devem ser adquiridos na ordem em que aparecem na lista, no menor tempo possível. Na versão 2, a tarefa primordial é avaliar a capacidade de execução do jogador. As regras básicas que devem ser seguidas em todas as fases de ambas as versões são:

- Iniciar entrando no supermercado pela entrada de clientes. Um ponto é fornecido ao jogador, caso a entrada correta seja utilizada, caso outra entrada seja escolhida, o jogador perderá um ponto;
- Finalizar no caixa, na área de saída, fornecerá um ponto ao jogador;
- O trecho em destaque em azul, que pode ser visualizado na Figura 3, pode ser percorrido quantas vezes for necessário, enquanto os demais trechos só devem ser utilizados uma vez. Caso o jogador passe por um caminho já percorrido mais de uma vez perderá um ponto para cada nova passagem. Pegadas obtidas pela passagem do jogador numa mancha de óleo, logo no início da fase, são deixadas no chão para indicar o caminho já percorrido.
- Todos os itens que constam da lista, ou seja, itens obrigatórios devem ser adquiridos, os demais são itens opcionais. Um ponto é atribuído para cada item obrigatório coletado. Os opcionais não são pontuados;

As fases de ambas as versões são utilizadas para coletar os dados (variáveis de fuzzy de entrada tempo e pontuação obtidos) necessários para avaliação das estratégias adotadas pelo jogador. Esses fornecem dados capturados através do jogo serão utilizados para avaliar um possível comprometimento das funções de planejamento e execução freqüentemente presentes no TDAH.

O Jogo do Supermercado foi desenvolvido usando o *Torque Game Builder*, uma *engine* para jogos 2D, que torna possível uma prototipação e desenvolvimento tanto nos aspectos metodológicos como na criação da interface e da jogabilidade.

5. Experimento e Resultados Obtidos

5.1 Metodologia

Nesse trabalho, para a verificação da questão de pesquisa, foi realizada uma abordagem experimental. Foi delineado um experimento que envolveu um grupo composto por indivíduos normais e com algum grau de Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade. O grupo testado foi composto por 10 indivíduos adultos residentes no estado do Rio de Janeiro, todos voluntários, previamente avaliados e diagnosticados. Cinco indivíduos não apresentavam o transtorno, constituindo o grupo controle e os cinco restantes são portadores de TDAH, sendo dois deles medicados.

O experimento, como pode ser visualizado na Figura 5.1.1, foi composto por duas etapas distintas. A primeira etapa foi a coleta de dados, onde foram utilizados dois instrumentos de pesquisa: um formulário de auto-avaliação e a aplicação do Jogo do Supermercado, especialmente concebido e implementado dentro do escopo desse trabalho de pesquisa de doutorado como ferramenta de Captura Cognitiva. A segunda etapa foi a avaliação dos dados dos dados coletados utilizando 4 diferentes técnicas: análise preliminar, análise estatística, análise neurofuzzy e análise bayesiana, sendo as duas últimas técnicas inteligentes.

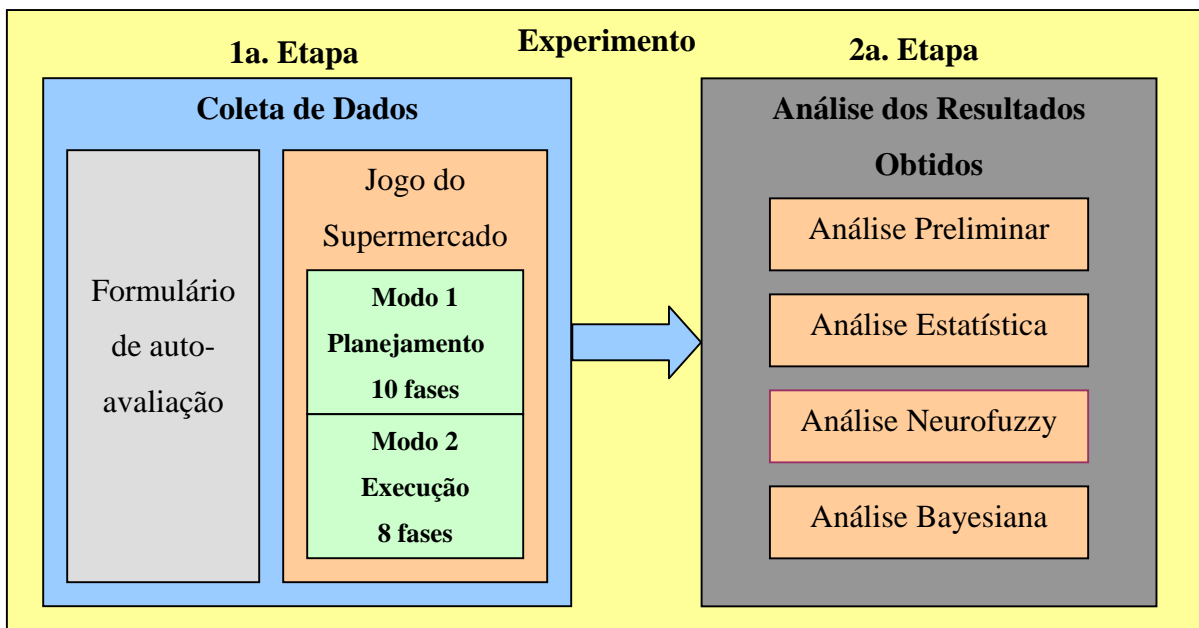


Figura 5.1.1: Experimento realizado para verificação do diagnóstico de TDAH

5.2 Descrição do Experimento e os Instrumentos de Pesquisa

A primeira etapa do experimento (coleta de dados) foi realizada no CNA (Clínica de Neuropsicologia Aplicada), com o auxílio de um neuropsicólogo que definiu o grupo de participantes já previamente diagnosticados. Essa etapa foi constituída de duas partes: a aplicação do formulário de auto-avaliação para adultos, que foi preenchido pelos próprios participantes e a Captura Cognitiva realizada através do Jogo do Supermercado.

5.2.1 O Formulário de Auto-avaliação para Adultos

Embora o diagnóstico de TDAH em adultos ainda seja motivo de embates (McCOUGH e BARKLEY, 2004), considera-se que ele possa ser realizado de modo confiável quando são utilizados critérios bem definidos, tais como os empregados pelo sistema DSM. Os sintomas listados no DSM-IV, entretanto, foram concebidos a partir de estudos de campo com crianças e adolescentes de 7 à 17 anos.

Segundo Mattos *et al* (2006), uma revisão realizada por um grupo estabelecido pela Organização Mundial da Saúde (OMS) concluiu que tanto as escalas disponíveis para o uso com adultos como as entrevistas semi-estruturadas incluindo o MINI-Plus (SHEEHAN *et al.*, 1998), ou não contemplavam a totalidade dos itens do DSM-IV, ou incluíam perguntas consideradas inadequadas para a investigação daqueles. Os sintomas listados no DSM-IV para o diagnóstico de crianças e adolescentes foram então adaptados para adultos na *Adult Self-Report Scale – ASRS*, cuja calibração foi realizada durante o *National Comorbidity Survey-Replication* (Kessler *et al.*, 2005), um recente estudo epidemiológico norte-americano. A escala ASRS possui 18 itens que contemplam os sintomas do critério A do DSM-IV modificados para o contexto da vida adulta.

O formulário de auto-avaliação utilizado nessa pesquisa de doutorado, que pode ser visualizado na Figura 5.2.1, é oriundo de uma adaptação transcultural para o português da escala *Adult Self-Report Scale - ASRS* versão 1.1, para avaliação do transtorno de déficit de atenção/hiperatividade (TDAH) em adultos realizada por MATTOS *et al.*, 2006].

O trabalho de adaptação transcultural envolveu adultos portadores de TDAH diagnosticados segundo os critérios do DSM-IV e adultos controles no Grupo de Estudos do Déficit de Atenção (GEDA) do Instituto de Psiquiatria da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

Paciente 2

D:17
H:2

controle

Nome:

Data 11 / 10 / 2006

total: 33

Por favor, responda as perguntas abaixo se avaliando de acordo com os critérios do lado direito da página. Após responder cada uma das perguntas, circule o número que corresponde a como você se sentiu e se comportou nos últimos seis meses. Por favor, dê este questionário completo ao profissional de saúde para que vocês possam discutir na consulta de hoje.	Nunca	Raramente	Algumas vezes	Freqüentemente	Muito freqüentemente
1. Com que freqüência você comete erros por falta de atenção quando tem de trabalhar num projeto chato ou difícil?	0	1	2	3	4
2. Com que freqüência você tem dificuldade para manter a atenção quando está fazendo um trabalho chato ou repetitivo?	0	1	2	3	4
3. Com que freqüência você tem dificuldade para se concentrar no que as pessoas dizem, mesmo quando elas estão falando diretamente com você?	0	1	2	3	4
4. Com que freqüência você deixa um projeto pela metade depois de já ter feito as partes mais difíceis?	0	1	2	3	4
5. Com que freqüência você tem dificuldade para fazer um trabalho que exige organização?	0	1	2	3	4
6. Quando você precisa fazer algo que exige muita concentração, com que freqüência você evita ou adia o início?	0	1	2	3	4
7. Com que freqüência você coloca as coisas fora do lugar ou tem de dificuldade de encontrar as coisas em casa ou no trabalho?	0	1	2	3	4
8. Com que freqüência você se distrai com atividades ou barulho a sua volta?	0	1	2	3	4
9. Com que freqüência você tem dificuldade para lembrar de compromissos ou obrigações?	0	1	2	3	4
PARTE A - TOTAL					
1. Com que freqüência você fica se mexendo na cadeira ou balançando as mãos ou os pés quando precisa ficar sentado (a) por muito tempo?	0	1	2	3	4
2. Com que freqüência você se levanta da cadeira em reuniões ou em outras situações onde deveria ficar sentado (a)?	0	1	2	3	4
3. Com que freqüência você se sente inquieto (a) ou agitado (a)?	0	1	2	3	4
4. Com que freqüência você tem dificuldade para sossegar e relaxar quando tem tempo livre para você?	0	1	2	3	4
5. Com que freqüência você se sente ativo (a) demais e necessitando fazer coisas, como se estivesse "com um motor ligado"?	0	1	2	3	4
6. Com que freqüência você se pega falando demais em situações sociais?	0	1	2	3	4
7. Quando você está conversando, com que freqüência você se pega terminando as frases das pessoas antes delas?	0	1	2	3	4
8. Com que freqüência você tem dificuldade para esperar nas situações onde cada um tem a sua vez?	0	1	2	3	4
9. Com que freqüência você interrompe os outros quando eles estão ocupados?	0	1	2	3	4
PARTE B - TOTAL					

Figura 5.2.1: Formulário de auto-avaliação

O formulário de auto-avaliação adaptada para o contexto brasileiro é composto por 18 questões agrupadas em 2 blocos. O primeiro bloco denominado Parte A é composto por 9 questões relacionadas com a parte de atenção. O segundo bloco chamado Parte B, também possui 9 perguntas relacionadas com a hiperatividade. Para todas as perguntas existem cinco respostas possíveis:

- Nunca, com peso zero;
- Raramente, com peso 1;
- Algumas vezes, com peso 2;
- Frequentemente, com peso 3;
- Muito frequentemente, com peso 4.

No formulário, são realizadas duas avaliações. A primeira é referente ao número de repostas obtidas com pesos 3 (frequentemente) e 4 (muito frequentemente) em cada um dos blocos. O número de ocorrências dessas respostas na Parte A é totalizada sendo obtido um indicador de desatenção (D). O número de ocorrências das respostas com pesos 3 e 4 na Parte B é totalizada sendo obtido um indicador de Hiperatividade (H). A segunda avaliação obtida é chamado de Gravidade, que é obtido através do somatório de todos os pesos de todas as perguntas do formulário (incluindo a Parte A e Parte B). A Gravidade que pode variar de 0 até 72.

Com relação à utilização das pontuações obtidas através do ASRS no diagnóstico de TDAH em adultos, no estudo de calibração da ASRS os autores indicaram que pontuação acima de 24 pontos era fortemente sugestiva de TDAH.

Segundo MATTOS *et al* (2006), apesar de não haver ainda dados epidemiológicos com relação ao estabelecimento de pontos de corte na pontuação obtida no ASRS para suspeição do diagnóstico de TDAH na população brasileira à semelhança do que foi proposto para a população norte-americana, estes estudos e outros estudos sistemáticos devem ser fortemente estimulados.

5.2.2 - Jogo do Supermercado

A segunda parte da coleta de dados do experimento foi a aplicação do teste utilizando o Jogo do Supermercado. Essa etapa foi conduzida por um neuropsicólogo previamente instruído para a aplicação do jogo. Inicialmente, o neuropsicólogo explica ao participante que o teste consiste basicamente em realizar uma compra num supermercado, seguindo uma lista de itens proposta em cada fase. A Figura 5.2.2.1 mostra a Interface do Jogo do Supermercado.



Figura 5.2.2: Interface do Jogo do Supermercado

A tarefa deve ser executada no menor tempo possível, seguindo as regras básicas propostas no jogo. As regras especificadas são:

- Começar pela entrada de clientes;
- Ao finalizar, passar no caixa localizado na área de saída;
- O item da lista de compras é coletado posicionando-se o personagem sobre o mesmo e apertando a tecla <enter> no teclado;
- A fase é finalizada apertando o botão <Termina Jogo> na interface;

- O trecho sob a laranja pode ser utilizado várias vezes, os demais só devem ser utilizados uma única vez, havendo uma penalização para cada vez que forem reutilizados;
- As pegadas, causadas pela passagem do personagem numa mancha de óleo, indicam os locais já percorridos.

No jogo, a movimentação do personagem é feita com as setas do teclado. É somado um ponto ao score quando um item obrigatório é coletado. Os itens obrigatórios são aqueles que fazem parte da lista de compras. Itens que não fazem parte da lista podem ser adquiridos, mas não acrescentam pontos e tornam a tarefa mais demorada do que o necessário. Pontos são somados ao score quando uma regra básica é cumprida. Por exemplo: 1 ponto é adicionado ao score quando a entrada correta (entrada de clientes) é utilizada. Quando outra entrada é escolhida, o ponto referente à entrada não é adicionada ao score. O mesmo acontece com o caixa na área de saída, pois também faz parte da regra básica finalizar no caixa. Há ainda a possibilidade de perda de pontos com a reutilização de um trecho que só deveria ser utilizado uma única vez.

Outra orientação básica é fornecida ao participante do experimento: o jogo será jogado em dois modos distintos. No primeiro modo, também chamado de Versão 1, onde o planejamento é priorizado, o participante deverá comprar os itens da lista de compras formulando um plano para pegar os itens na melhor ordem para cumprir o percurso no menor tempo possível, sem repetir trechos que só devem ser utilizados uma vez. A Versão 1 possui dez fases. A primeira fase possui apenas um item. A pontuação máxima possível nessa fase são três pontos (1 ponto pela entrada correta, 1 ponto pelo item da lista e um ponto por passar no caixa). À cada nova fase uma nova lista adicionando um item é apresentada ao participante. Por exemplo, a fase 2 conterà dois itens com pontuação máxima de 4 pontos, a fase 3 conterà três itens com pontuação máxima de 5 pontos e assim sucessivamente até a última fase (fase 10) que conterà dez itens com pontuação máxima de 12 pontos.

Logo após jogar as dez fases do modo 1, o participante inicia segundo o modo, também chamado de Versão 2, onde a avaliação da capacidade de execução é priorizada. Nesse modo o participante deverá adquirir os itens da lista de compras na ordem em que é apresentada na lista realizando o percurso no menor tempo possível, sem repetir trechos que

só devem ser utilizados uma vez. A Versão 2 possui oito fases. A primeira fase possui apenas um item. A pontuação máxima possível nessa fase são três pontos (1 ponto pela entrada correta, 1 ponto pelo item da lista e um ponto por passar no caixa). À cada nova fase uma nova lista adicionando um item é apresentada ao participante. Por exemplo, a fase 2 conterà dois itens com pontuação máxima de 4 pontos, a fase 3 conterà três itens com pontuação máxima de 5 pontos e assim sucessivamente até a última fase (fase 8) que conterà oito itens com pontuação máxima de 10 pontos. Em ambos os modos, as regras são as mesmas. O tempo de execução de cada fase e a pontuação, em ambos os modos, são armazenados para posterior análise.

5.3 Dados capturados Através do Jogo do Supermercado

A coleta de dados do experimento envolveu dez voluntários, todos previamente avaliados e diagnosticados. Desses dez voluntários, cinco foram considerados do grupo de controle, pois não possuem o transtorno. O grupo de portadores de TDAH foi composto de cinco participantes com TDAH, com diferentes graus de comprometimento. No grupo de portadores de TDAH, dois participantes têm sua situação relativamente estabilizada através de medicação específica para TDAH. Na primeira fase do experimento, ou seja, o formulário de auto-avaliação, os resultados obtidos podem ser observados na Tabela 5.3.1.

Tabela 5.3.1: Resultados obtidos no formulário de auto-avaliação

Número do paciente	Escore de Desatenção (D)	Escore de Hiperatividade (H)	Gravidade	Situação
1	4	4	42	TDAH medicado
2	1	2	33	Controle
3	0	1	27	Controle
4	6	4	47	TDAH
5	1	2	30	TDAH
6	6	6	49	Controle
7	6	1	41	TDAH medicado
8	0	0	24	Controle
9	0	0	9	Controle
10	6	4	50	TDAH

Na segunda parte da coleta de dados do experimento, os dez indivíduos foram avaliados através do Jogo do Supermercado. É importante lembrar que cada indivíduo jogou os dois modos (Modo 1- Planejamento e Modo 2 – Execução) de forma consecutiva. O modo 1 possui dez fases, cuja primeira fase possui apenas 1 item e a cada fase uma nova lista de compras é oferecida com o acréscimo de um item por fase. O modo 2 possui oito fases e também inicia com apenas 1 item na fase 1 e a cada nova fase um nova lista é fornecida acrescentando um item. Os resultados obtidos por cada participante em cada fase dos dois modos podem ser observados nas Tabelas de 5.3.2 à 5.3.11.

Tabela 5.3.2: Resultados obtidos pelo participante 1 – TDAH medicado

Modo 1- Fases	Pontuação	Tempo	Modo 2 - Fases	Pontuação	Tempo
1	3	1:21	1	3	0:37
2	4	0:52	2	4	0:37
3	5	1:18	3	5	0:56
4	6	1:03	4	6	0:52
5	7	1:18	5	7	1:03
6	8	1:04	6	8	1:07
7	9	0:55	7	8	0:58
8	10	1:03	8	9	0:59
9	9	3:04			
10	11	2:33			

Tabela 5.3.3: Resultados obtidos pelo participante 2 – Controle

Modo 1- Fases	Pontuação	Tempo	Modo 2 - Fases	Pontuação	Tempo
1	3	0:51	1	3	0:30
2	4	0:47	2	4	0:30
3	4	1:02	3	5	0:42
4	6	1:01	4	6	0:53
5	7	0:59	5	7	0:48
6	8	1:00	6	8	0:53
7	9	0:53	7	8	0:55
8	10	0:53	8	8	0:50
9	9	1:16			
10	10	1:08			

Tabela 5.3.4: Resultados obtidos pelo participante 3 – Controle

Modo 1- Fases	Pontuação	Tempo	Modo 2 - Fases	Pontuação	Tempo
1	3	0:52	1	3	0:30
2	2	0:57	2	4	0:29
3	4	0:37	3	5	0:34
4	6	1:08	4	6	0:46
5	7	0:59	5	7	0:45
6	7	0:58	6	8	0:46
7	9	0:55	7	6	0:50
8	9	1:04	8	7	0:48
9	5	1:25			
10	9	1:14			

Tabela 5.3.5: Resultados obtidos pelo participante 4 – TDAH sem medicação

Modo 1- Fases	Pontuação	Tempo	Modo 2- Fases	Pontuação	Tempo
1	3	0:46	1	3	0:26
2	4	1:05	2	4	0:31
3	4	1:16	3	5	0:33
4	6	0:55	4	6	0:45
5	7	0:50	5	4	0:45
6	8	0:45	6	7	0:44
7	8	0:49	7	6	0:49
8	7	1:05	8	9	0:43
9	3	1:11			
10	8	1:19			

Tabela 5.3.6: Resultados obtidos pelo participante 5 – TDAH sem medicação

Modo 1- Fases	Pontuação	Tempo	Modo 2- Fases	Pontuação	Tempo
1	3	1:05	1	3	0:33
2	4	1:02	2	4	0:48
3	2	1:01	3	3	0:54
4	2	1:07	4	4	1:05
5	4	1:20	5	7	0:56
6	5	1:18	6	8	1:00
7	7	1:17	7	4	1:23
8	8	1:16	8	9	0:57
9	9	0:57			
10	9	1:01			

Tabela 5.3.7: Resultados obtidos pelo participante 6 – Controle

Modo 1- Fases	Pontuação	Tempo	Modo 2- Fases	Pontuação	Tempo
1	3	1:08	1	3	0:35
2	4	0:47	2	4	0:37
3	5	1:14	3	3	0:48
4	5	1:16	4	5	1:02
5	7	1:06	5	7	0:54
6	8	0:58	6	8	0:53
7	9	1:00	7	8	0:50
8	10	0:57	8	9	0:54
9	9	1:28			
10	9	1:35			

Tabela 5.3.8: Resultados obtidos pelo participante 7 – TDAH medicado

Modo 1- Fases	Pontuação	Tempo	Modo 2- Fases	Pontuação	Tempo
1	3	0:34	1	3	0:31
2	4	0:36	2	4	0:33
3	5	0:47	3	5	0:39
4	6	0:55	4	6	0:49
5	7	1:04	5	7	0:49
6	8	1:00	6	8	0:53
7	9	0:54	7	8	0:51
8	10	0:55	8	9	0:52
9	9	1:15			
10	10	1:29			

Tabela 5.3.9: Resultados obtidos pelo participante 8 – Controle

Modo 1- Fases	Pontuação	Tempo	Modo 2- Fases	Pontuação	Tempo
1	3	1:19	1	3	0:34
2	3	0:55	2	4	0:43
3	5	1:12	3	4	0:47
4	2	1:17	4	6	0:53
5	6	1:13	5	7	0:49
6	6	1:18	6	8	0:53
7	9	1:16	7	8	0:51
8	9	1:16	8	7	0:51
9	11	1:31			
10	10	1:21			

Tabela 5.3.10: Resultados obtidos pelo participante 9 – Controle

Modo 1- Fases	Pontuação	Tempo	Modo 2- Fases	Pontuação	Tempo
1	3	0:43	1	3	0:28
2	3	0:38	2	4	0:33
3	5	0:51	3	5	0:36
4	6	0:46	4	2	0:46
5	7	0:51	5	7	0:48
6	8	0:49	6	8	0:48
7	9	0:47	7	8	0:46
8	10	0:47	8	8	0:57
9	9	0:59			
10	10	0:56			

Tabela 5.3.11: Resultados obtidos pelo participante 10 – TDAH sem medicação

Modo 1- Fases	Pontuação	Tempo	Modo 2- Fases	Pontuação	Tempo
1	3	0:52	1	3	0:33
2	4	0:53	2	4	0:36
3	5	0:36	3	5	0:42
4	6	1:11	4	6	0:53
5	6	1:00	5	7	0:59
6	8	1:00	6	7	0:57
7	9	1:01	7	7	1:01
8	10	1:06	8	9	0:58
9	10	1:07			
10	10	1:18			

6. Análise dos Resultados Obtidos

Os resultados obtidos através do formulário de auto-avaliação e do Jogo do Supermercado permitem a síntese de algumas informações que podem ser visualizadas na Tabela 6.1.

Tabela 6.1: Situação dos pacientes e totais obtidos no experimento

No. do paciente	G	D	H	Situação	Totais Modo 1		Totais Modo 2		Modo1 +Modo2	
					Pontos	Tempo	Pontos	Tempo	Pontos	Tempo
1	42	4	4	TDAH medic.	72	14:31	50	7:09	122	21:40
2	33	1	2	Controle	70	9:50	49	6:01	119	15:51
3	27	0	1	Controle	61	10:09	46	5:28	107	15:37
4	47	6	4	TDAH	58	10:01	44	5:16	102	15:17
5	30	1	2	TDAH	53	11:24	42	7:36	95	19:00
6	49	6	6	Controle	69	11:29	47	6:33	116	18:02
7	41	6	1	TDAH medic.	71	9:29	50	5:57	121	15:26
8	24	0	0	Controle	64	12:38	47	6:21	111	18:59
9	9	0	0	Controle	70	8:07	45	5:42	115	13:49
10	50	6	4	TDAH	71	10:04	48	6:39	119	16:43

Na Tabela 6.1, o G é o grau de comprometimento que foi calculado através do somatório de todos os dos pontos obtidos no formulário de auto-avaliação. O D e o H são respectivamente os índices de Desatenção e de Hiperatividade, ambos coletados do formulário de auto-avaliação. A Situação refere-se ao diagnóstico prévio de cada um dos voluntários. Os valores dos Pontos e Tempo na coluna Totais Modo 1 foram obtidos somando respectivamente os escores de pontos e tempo nas 10 fases do Modo 1, para cada um dos participantes. De modo análogo, os valores dos Pontos e Tempo na coluna Totais Modo 2 foram obtidos somando respectivamente os escores de pontos e tempo nas 8 fases do Modo 2, para cada um dos participantes.

6.1 Análise preliminar

Com os dados observados na Tabela 6.1 podem ser realizadas algumas avaliações cujo objetivo é tentar agrupar os valores obtidos nos escores de tempo e pontos e a situação de diagnóstico de cada um dos participantes. O objetivo principal é tentar obter algum tipo de generalização a partir dos dados brutos obtidos no Jogo do Supermercado.

A primeira análise, mostrada na Tabela 6.1.1, classifica os pacientes com sua respectiva situação levando em consideração o somatório da pontuação de todas as fases no Modo1- Planejamento.

Tabela 6.1.1: Classificação dos pacientes segundo sua pontuação total no Modo 1- Planejamento

Faixas de Pontuação	Número do Paciente-situação (Pnum-Situação)
de 50 à 60 pontos	P4-TDAH, P5-TDAH,
de 61 à 70 pontos	P2-Ctrl, P3-Ctrl, P6-Ctrl, P8-Ctrl, P9-Ctrl
de 71 à 80 pontos	P1-Tmed, P7-Tmed, P10-TDAH

Essa classificação permite avaliar de forma global o desempenho dos participantes no Modo 1- Planejamento. Com exceção do participante 10, que pertence à faixa de maior pontuação, os demais participantes portadores de TDAH sem medicação podem ser classificados na faixa de menor pontuação. Um resultado interessante de ser observado é que todos os participantes do tipo Controle, sem exceção, obtiveram pontos na faixa de pontuação intermediária e que os pacientes com TDAH com medicação ficaram na faixa de maior pontuação.

A próxima análise, mostrada na Tabela 6.1.2, classifica os pacientes com sua respectiva situação levando em consideração o somatório da pontuação de todas as fases no Modo 2-Execução.

Tabela 6.1.2: Classificação dos pacientes segundo sua pontuação total no Modo 2- Execução

Faixas de Pontuação	Número do Paciente-situação (Pn-Situação)
de 40 à 44 pontos	P4-TDAH, P5-TDAH,
de 45 à 49 pontos	P2-Ctrl, P3-Ctrl, P6-Ctrl, P8-Ctrl, P9-Ctrl, P10-TDAH
de 50 à 54 pontos	P1-Tmed, P7-Tmed

Semelhante ao resultado na avaliação anterior, essa classificação permite avaliar de forma global o desempenho dos participantes no Modo 2 - Execução. Com exceção do participante 10, que foi colocado na faixa intermediária de pontuação, os de mais participantes portadores de TDAH pertencem à faixa de menor pontuação. Todos os participantes do tipo Controle, sem exceção, obtiveram pontos na faixa de pontuação intermediária. De forma análoga aos resultados obtidos, no Modo1-Planejamento, os participantes portadores de TDAH medicados obtiveram as maiores pontuações no Modo2-Execução. A última análise, mostrada na Tabela 6.1.3 considera a soma dos pontos obtidos em todas as fases no Modo1 e no Modo2.

Tabela 6.1.3: Classificação dos pacientes segundo sua pontuação total no Modo 1 + Modo2

Faixas de Pontuação	Número do Paciente-situação (Pn-Situação)
de 95 à 106 pontos	P4-TDAH, P5-TDAH,
de 107 à 119 pontos	P2-Ctrl, P3-Ctrl, P6-Ctrl, P8-Ctrl, P9-Ctrl, P10-TDAH
de 120 à 131 pontos	P1-Tmed, P7-Tmed,

Os resultados obtidos quando se realiza o somatório dos pontos obtidos no Modo 1 e no Modo 2, refletem os resultados anteriores com algumas pequenas particularidades. Não foi possível estabelecer um intervalo regular para definir a faixa intermediária, sendo considerada a variação de 107 à 119 pontos com o objetivo de agrupar os controles num mesmo grupo. Em função dessa alteração, o participante número 10, passou a pertencer à faixa intermediária e não mais à faixa dos maiores pontos. No entanto, essa alteração não afeta os resultados obtidos pelos participantes portadores de TDAH medicados, que confirmando os resultados anteriores, obtiveram pontuação na faixa mais alta de pontuação.

Através dessas análises preliminares utilizando os escores de pontos, podemos considerar que a pontuação no Jogo do Supermercado, em ambos os Modos, conseguiu refletir de os estados dos participantes, ou seja, os portadores de TDAH sem medicação obtiveram as menores pontuações tanto no Modo de Planejamento como no Modo de Execução. Os participantes controles obtiveram pontuações nas faixas intermediárias. O resultado mais interessante, sem sobra de dúvidas, foi que os portadores de TDAH medicados obtiveram resultados melhores que os portadores sem medicação e que os participantes controles diagnosticados sem o Transtorno.

Outra análise preliminar realizada foi a avaliação dos escores de tempo obtidos por cada participante nos Modos 1 e 2 no Jogo do Supermercado. Esses valores também foram obtidos a partir dos dados obtidos na Tabela 6.0.1. A primeira avaliação do tempo foi a classificação do tempo total obtido no Modo 1 - Modo de Planejamento, que podem ser observados na Tabela 6.0.5.

Tabela 6.1.4: Classificação dos pacientes segundo seu escore de tempo total no Modo 1

Faixas de Tempo	Número do Paciente-situação (Pn-Situação)
de 8:00 à 10:00 minutos	P2-Ctrl, P7-Tmed, P9-Ctrl
de 10:01 à 12:00 minutos	P3-Ctrl, P4- TDAH, P5-TDAH, P6-Ctrl, P10-TDAH
de 12:01 à 15:00 minutos	P8-Ctrl, P1-Tmed

Essa classificação revela algumas tendências com relação ao desempenho dos participantes considerando o tempo total obtido por cada participante nas dez fases no Modo 1 - Planejamento. A distribuição observada se mostrou bastante irregular, no entanto é possível observar que todos os portadores de TDAH sem medicação ficaram na faixa intermediária de tempo.

A próxima análise, mostrada na Tabela 6.1.5, classifica os pacientes com sua respectiva situação levando em consideração o somatório do tempo de todas as 8 fases no Modo 2-Execução.

Tabela 6.1.5: Classificação dos pacientes segundo seu escore de tempo total no Modo 2

Faixas de Tempo	Número do Paciente-situação (Pn-Situação)
de 5:00 à 6:00 minutos	P3-Ctrl, P4- TDAH, P7-Tmed, P9-Ctrl
de 6:01 à 7:00 minutos	P2-Ctrl, P6-Ctrl, P8-Ctrl, P10-TDAH
de 7:01 à 8:00 minutos	P1-Tmed, P5-TDAH

Nos dados observados na classificação dos tempos totais obtidos no Modo 2, torna-se difícil uma generalização, no entanto, é possível observar todos os participantes do tipo controle ficaram nas duas primeiras faixas de tempo. Com relação aos portadores de TDAH com medicação um encontra-se na melhor faixa de tempo enquanto o outro na pior. Os demais portadores de TDAH (sem medicação) se distribuíram igualmente nas três faixas temporais.

A próxima análise, mostrada na Tabela 6.1.6, classifica os pacientes com sua respectiva situação levando em consideração o somatório do tempo no Modo1 e no Modo2.

Tabela 6.1.6: Classificação dos pacientes segundo o somatório de tempo no Modo1 e no Modo2

Faixas de Tempo	Número do Paciente-situação (Pn-Situação)
de 13:00 à 15:00 minutos	P9-Ctrl
de 15:01 à 19:00 minutos	P2-Ctrl, P3-Ctrl, P4- TDAH, P6-Ctrl, P7-Tmed, P8-Ctrl, P10-TDAH
de 19:01 à 23:00 minutos	P1-Tmed, P5-TDAH

Na classificação, considerando os tempo totais no Modo 1 e 2 é, possível apenas observar que a maioria dos participantes do tipo Controle encontram-se na faixa intermediária de tempo e que um Controle obteve o menor tempo.

Essa análise preliminar sugere que a variável pontuação obtida no Jogo do Supermercado tanto no Modo 1, como no Modo 2, possui um grande potencial para ser utilizada para gerar um escore bruto de classificação para possíveis diagnósticos. Mesmo a variável tempo não apresentando resultados tão cristalinos como a variável pontuação na análise preliminar, isso não a desqualifica para sua utilização no jogo.

Esses foram apenas alguns resultados preliminares, os dados obtidos em todo o experimento foram investigados à luz de outras técnicas de avaliação, como a análise estatística e técnicas de inteligentes como análise neurofuzzy e bayesiana.

6.2 Análise Estatística

Apesar da amostra ser pequena ($n=10$), foram realizados dois testes não paramétricos: o teste de *Mann-Whitney* e *Kruskal-Wallis*. Os testes não-paramétricos não utilizam os valores diretamente observados das variáveis analisadas, mas sim os postos do valor observado. O posto de uma observação é a sua posição em relação às demais observações, quando os dados estão em ordem crescente.

O teste de *Mann-Whitney* é o equivalente não paramétrico do teste *t* não pareado, ou seja, é utilizado para comparar duas amostras independentes de uma determinada variável. Para realizar o teste é necessário ordenar de maneira crescente as observações, não

importando se os dados são provenientes do grupo A ou B, determinando assim o posto de cada observação. Depois se calcula a soma do posto de cada grupo.

Se as observações de cada grupo forem provenientes da mesma população, ou seja, não forem estatisticamente diferentes, as somas dos postos de cada grupo devem ficar próximas. No entanto, se a soma dos postos de um grupo for substancialmente maior do que no outro grupo podemos concluir que as observações dos dois grupos vêm de populações diferentes. O teste *Kruskal-Wallis* é uma extensão do teste *Mann-Whitney* para comparações de mais que duas amostras independentes. Ele é o equivalente não paramétrico da análise de variância (ANOVA).

Nos testes realizados foram utilizados os escores de pontuação e tempo obtidos no experimento através do Jogo do Supermercado e a situação de diagnóstico de cada participante. Na primeira parte da análise realizada, o participante número 6 foi excluído, pois seus dados no formulário de auto-avaliação indicavam que ele poderia ser um portador de TDAH. O primeiro teste realizado, nessa etapa, foi o teste de *Kruskal-Wallis*. O *Kruskal-Wallis* é um teste estatístico não paramétrico que compara 3 ou mais médias. A Hipótese é que as médias são iguais. Quando p (significância estatística) é menor que 0.05, podemos concluir que as médias são estatisticamente diferentes. Nesse teste foram utilizadas: a situação do participante dividida em Controle, TDAH e TDAH medicado e as médias dos escores de ponto e tempo nos Modos 1 e 2 de cada participante nas duas últimas fases do Jogo do Supermercado. As médias utilizadas no teste *Kruskal-Wallis* podem ser observados na Tabela 6.2.1.

Tabela 6.2.1: Tabela das médias utilizadas para gerar o teste de *Kruskal-Wallis*

Variáveis	Médias	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
ponto1	9,6667	0,86603	8,00	11,00
tempo1	1,2211	0,46708	0,56	2,33
ponto2	8,3333	0,86603	7,00	9,00
tempo2	0,5278	0,05380	0,43	0,59

As variáveis utilizadas foram: ponto1 e tempo1 que são respectivamente os pontos obtidos pelo participante na última fase do Modo 1 (fase 10 - Modo de Planejamento), ponto2 e tempo2 que revelam o número de pontos e tempo obtidos na última fase do Modo 2 (fase 8 – Modo de Execução). Na Tabela 6.2.1 podemos observar os valores médios

obtidos, o desvio padrão e os valores máximos e mínimos. Através da análise dos dados fornecidos por essa tabela, podemos observar uma pequena variação nas médias dos pontos do Modo 1 e 2, no entanto as diferenças entre as médias dos tempos 1 e 2, assim como seus valores máximos são expressivos. O valor do desvio padrão do tempo2 foi menor que os demais, indicando uma relativa uniformidade dos valores obtidos para a variável tempo2. Esses valores serviram de base para aplicação do teste de *Kruskal-Wallis*, cujos resultados podem ser observados na Tabela 6.2.2. A variável grupo refere-se à classificação dos participantes em controle, TDAH e TDAH medicado.

Tabela 6.2.2:Valores obtidos no teste de *Kruskal-Wallis* com 9 participantes

	Grupo	N	Média dos Postos	P*
ponto1	Controle	4	5,13	0,16
	TDAH	3	3,17	
	TDAH medicado	2	7,50	
	Total	9		
tempo1	Controle	4	3,75	0,11
	TDAH	3	4,33	
	TDAH medicado	2	8,50	
	Total	9		
ponto2	Controle	4	2,50	0,02**
	TDAH	3	7,00	
	TDAH medicado	2	7,00	
	Total	9		
tempo2	Controle	4	3,88	0,41
	TDAH	3	5,17	
	TDAH medicado	2	7,00	
	Total	9		

*P = significância estatística para o teste *Kruskal Wallis*

** diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

Os resultados obtidos no teste de *Kruskal-Wallis*, sem a inclusão do participante seis, mostram significância estatística na variável ponto2. Esse resultado significa que considerando os três grupos utilizados (Controle, TDAH e TDAH medicado), os pontos obtidos pelos participantes na última fase do Modo 2, são estatisticamente diferentes e relevantes para sua classificação. Com relação às outras variáveis só podemos afirmar que não houve significância estatística, segundo esse teste.

Outra análise realizada foi teste *Mann-Whitney* realizado com os nove

participantes, ou seja, excluindo o participante seis, comparando os **Controles** com **TDAH**. Nesse teste foram usadas as médias obtidas nos escores de ponto e tempo no Modo1 e 2 e apenas as situações controle e TDAH (a situação TDAH incorporou todos os participantes TDAHs sem medicação e TDAH medicados). O *Mann-Whitney Test*, também, é um teste não paramétrico que avalia a significância estatística entre duas médias fornecidas. Os valores obtidos no *Mann-Whitney Test*, podem ser observados na Tabelas 6.2.3.

Tabela 6.2.3: Resultados obtidos no teste Mann-Whitney comparando controles e TDAHs com 9 participantes

	Grupo	Média dos postos	Soma dos postos	P*
ponto 1	controle	5,13	20,50	0,90
	TDAH	4,90	24,50	
	Total			
tempo1	controle	3,75	15,00	0,28
	TDAH	6,00	30,00	
	Total			
ponto2	controle	2,50	10,00	0,016**
	TDAH	7,00	35,00	
	Total			
tempo2	controle	3,88	15,50	0,28
	TDAH	5,90	29,50	
	Total			

*P = significância estatística para o teste Mann-Whitney

** diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

Nos dados obtidos no teste *Mann-Whitney*, podemos observar que só houve significância estatística nos valores da variável ponto2 (pontuação obtida no Modo 2 - modo de Execução), pois apresentou $p = 0,016$. Esse resultado confirma o resultado anterior obtido com o teste de *Kruskal-Wallis*. O próximo passo foi realizar os teste de *Kruskal-Wallis* e *Mann-Whitney* para os 10 participantes do experimento.

O teste de *Kruskal-Wallis* foi novamente realizado para todos os dez participantes do experimento utilizando as variáveis ponto1 e tempo1 que são respectivamente os pontos obtidos pelo participante na última fase do Modo 1(fase 10 - Modo de Planejamento), ponto2 e tempo2 que revelam o número de pontos e tempo obtidos na última fase do Modo 2 (fase 8 – Modo de Execução). A variável grupo refere-se à classificação dos participantes em controle, TDAH e TDAH medicado. Na Tabela 6.2.4 podemos observar os valores médios obtidos, o desvio padrão e os valores máximos e mínimos. Através da análise dos

dados fornecidos por essa tabela, podemos observar uma pequena variação nas médias dos pontos do Modo 1 e 2, no entanto as diferenças entre as médias dos tempos 1 e 2, assim como seus valores máximos são expressivos. O valor do desvio padrão do tempo2 foi menor que os demais, indicando uma relativa uniformidade dos valores obtidos para a variável tempo2. Esses valores serviram de base para aplicação do teste de *Kruskal-Wallis*.

Tabela 6.2.4: Tabela das médias utilizadas para gerar o teste de *Kruskal-Wallis* com os 10 participantes

Variáveis	N	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
ponto1	10	9,6000	0,84327	8,00	11,00
tempo1	10	1,2340	0,44225	0,56	2,33
ponto2	10	8,4000	0,84327	7,00	9,00
tempo2	10	0,5290	0,05087	0,43	0,59

Os resultados obtidos no teste de *Kruskal-Wallis* utilizando os dados de todos os participantes podem ser observados na Tabela 6.1.5.

Tabela 6.2.5: Valores obtidos no teste de *Kruskal-Wallis* com 10 participantes

Variáveis	Grupo	N	Média dos postos	P*
ponto1	Controle	5	5,40	0,166
	TDAH	3	3,67	
	TDAH medicado	2	8,50	
	Total	10		
tempo1	Controle	5	4,80	0,184
	TDAH	3	4,33	
	TDAH medicado	2	9,00	
	Total	10		
ponto2	Controle	5	3,50	0,060
	TDAH	3	7,50	
	TDAH medicado	2	7,50	
	Total	10		
tempo2	Controle	5	4,50	0,481
	TDAH	3	5,83	
	TDAH medicado	2	7,50	
	Total	10		

*P = significância estatística para o teste *Kruskal Wallis*

** diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

Na variável ponto2 pode ser observado o valor calculado de 0,06 para a significância estatística. Esse valor é um valor limítrofe, mas pode ser considerado

significante, levando-se em consideração a teoria estatística. Esse resultado confirma a importância da variável ponto2, considerando-se os três estados utilizados (Controle, TDAH e TDAH medicado), para todos os dez participantes do experimento na última fase do Modo 2.

Dando continuidade à análise estatística dos dados obtidos no experimento foi realizado o teste de *Mann-Whitney* novamente considerando os dados de todos os 10 participantes. Nesse teste foi comparado os Controles com os TDAH (TDAH incluindo os TDAH medicados) e avaliados os valores dos escores de tempo e pontos das últimas fases dos Modos 1 e 2. Os valores obtidos podem ser observados na Tabelas 6.2.6.

Tabela 6.2.6: Valores obtidos no comparando os Controles X TDAH (10 pacientes) no *Mann-Whitney Test*

Grupo		N	Média dos postos	Soma dos postos	P*
ponto1	controle	5	5,40	27,00	1,0
	TDAH	5	5,60	28,00	
	Total	10			
tempo1	controle	5	4,80	24,00	0,54
	TDAH	5	6,20	31,00	
	Total	10			
ponto2	controle	5	3,50	17,50	0,03 **
	TDAH	5	7,50	37,50	
	Total	10			
tempo2	controle	5	4,50	22,50	0,31
	TDAH	5	6,50	32,50	
	Total	10			

*P = significância estatística para o teste *Mann-Whitney*

** diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$)

Os resultados obtidos no teste de *Mann-Whitney* com os dez participantes do experimento, considerando os estados controle e TDAH (incluindo os TDAHs medicados) apresentaram significância estatística $p=0,03$ na variável ponto2, confirmando os resultados obtidos nos teste estatísticos anteriores.

Apesar de normalmente um estudo estatístico necessitar de um desenho de experimental mais bem definido e uma amostra maior, os resultados obtidos na análise estatística realizada através dos testes não paramétricos de *Kruskal Wallis* e *Mann-Whitney* com os dados obtidos no experimento do Jogo do Supermercado apontam para a relevância

da variável ponto2, ou seja, para a pontuação obtida no Modo de Execução na sua última fase.

6.3 Análise Neurofuzzy

Os dados das tabelas básicas (Tabelas 5.3.2 a 5.3.11), obtidos no Jogo do Supermercado por cada um dos participantes do experimento, foram utilizados com o modelo ANFIS para gerar uma análise inteligente. Vários scripts utilizando o MatLab foram desenvolvidos com o objetivo de verificar se os dados obtidos no experimento poderiam refletir os diagnósticos previamente obtidos.

A primeira análise realizada utilizou o grau de gravidade, os escores de pontos e de tempos obtidos nas dez fases do Modo 1 (Planejamento) por cada um dos participantes. Os gráficos mostrados nas Figuras 6.3.1 a 6.3.10 mostram os resultados obtidos pelo sistema ANFIS para cada um dos participantes. No eixo X temos representadas as dez fases do Modo1, enquanto no eixo Y temos a Gravidade (G) obtida no formulário de auto-avaliação. A linha em azul mostra o G de cada participante.

Na Figura 6.3.1, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo1 (Planejamento) referente ao participante 1 - TDAH medicado. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G na fase 9.

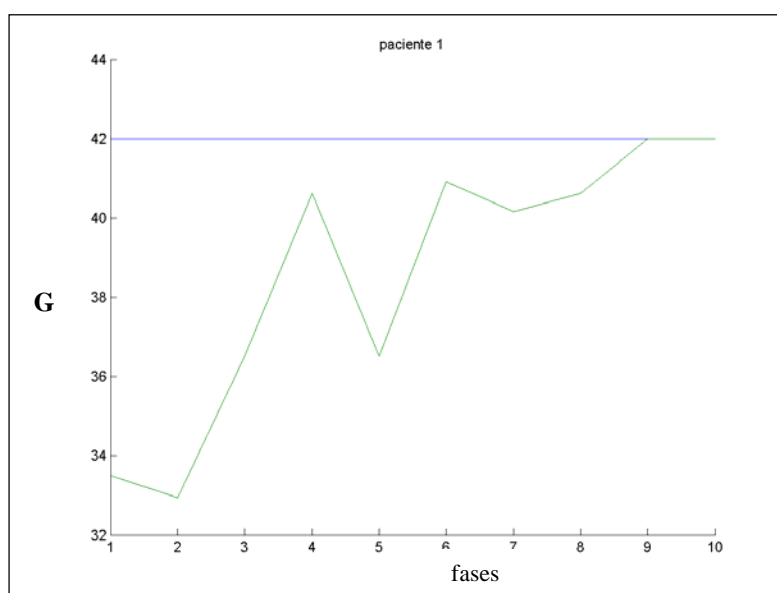


Figura 6.3.1: Resultado do ANFIS para o Participante 1- TDAHmed

Na Figura 6.3.2, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 1 (Planejamento) referente ao participante 2 - Controle. É possível verificar que o sistema neurofuzzy não converge, mas se aproxima do valor de G nas fases 7 e 8.

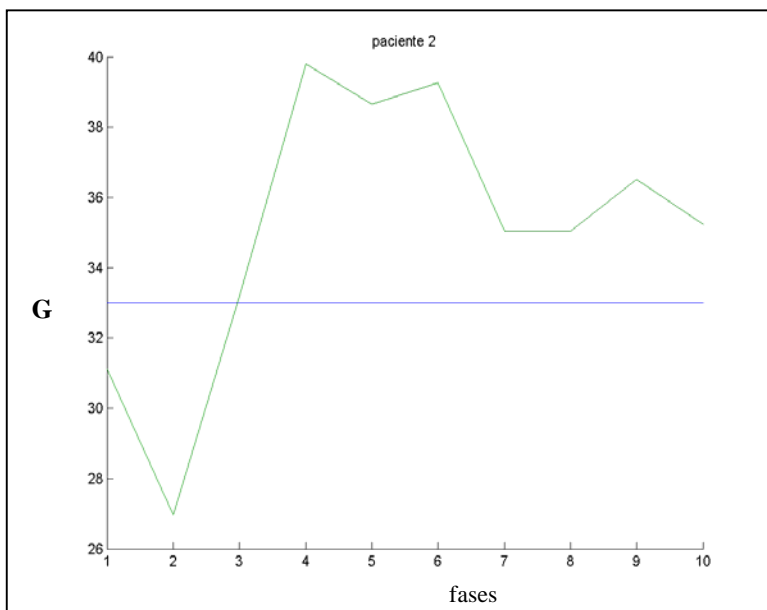


Figura 6.3.2: Resultado do ANFIS para o Participante 2 – Controle

Na Figura 6.3.3, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS referente ao participante 3 - Controle. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge o valor de G nas fases 2, 3 e 9.

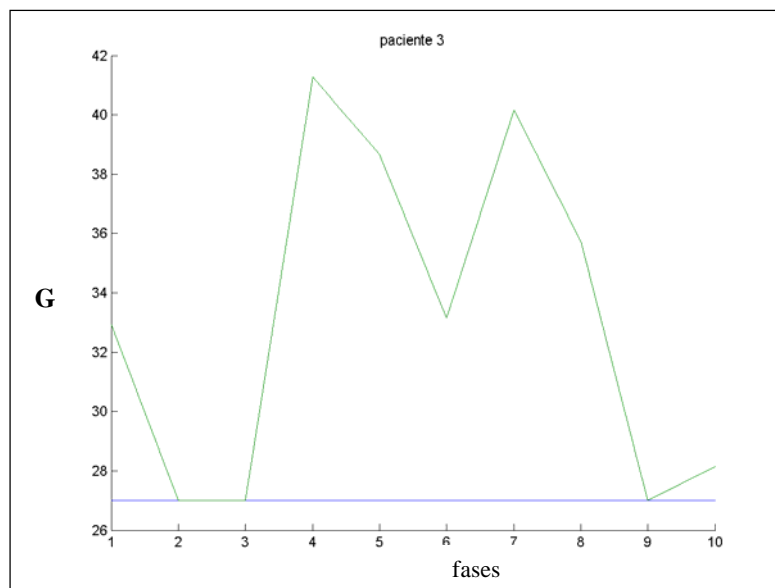


Figura 6.3.3: Resultado do ANFIS para o Participante 3 – Controle

Na Figura 6.3.4, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo1 (Planejamento) referente ao participante 4 – TDAH sem medicação. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G a partir da fase 7.

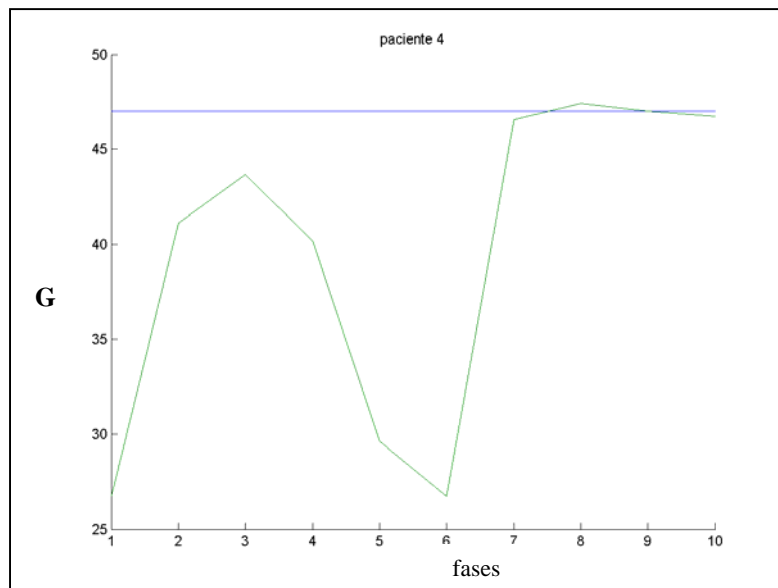
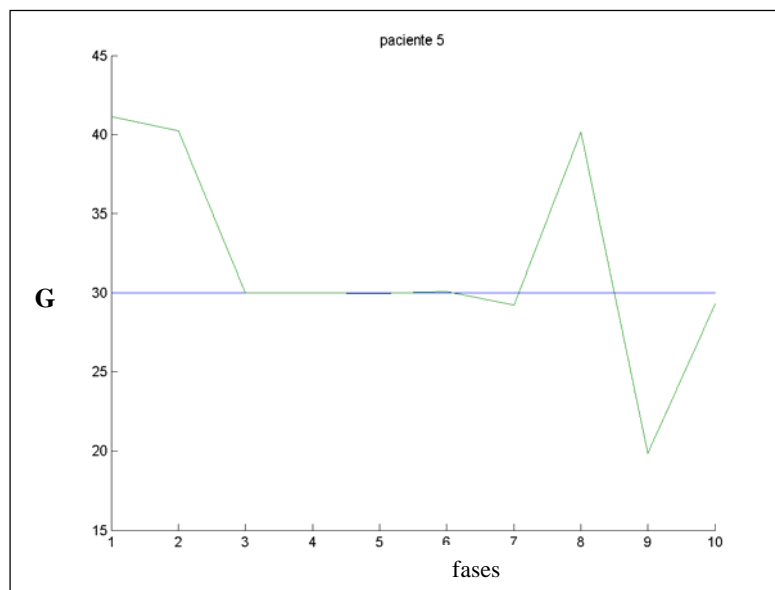


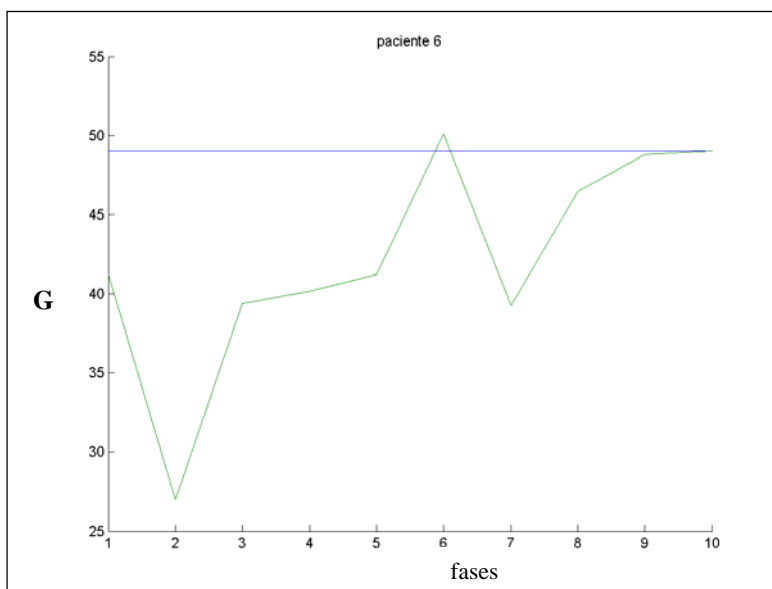
Figura 6.3.4: Resultado do ANFIS para o Participante 4 – TDAH

Na Figura 6.3.5, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 1 (Planejamento) referente ao participante 5 – TDAH sem medicação. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G da fase 3 a 6.



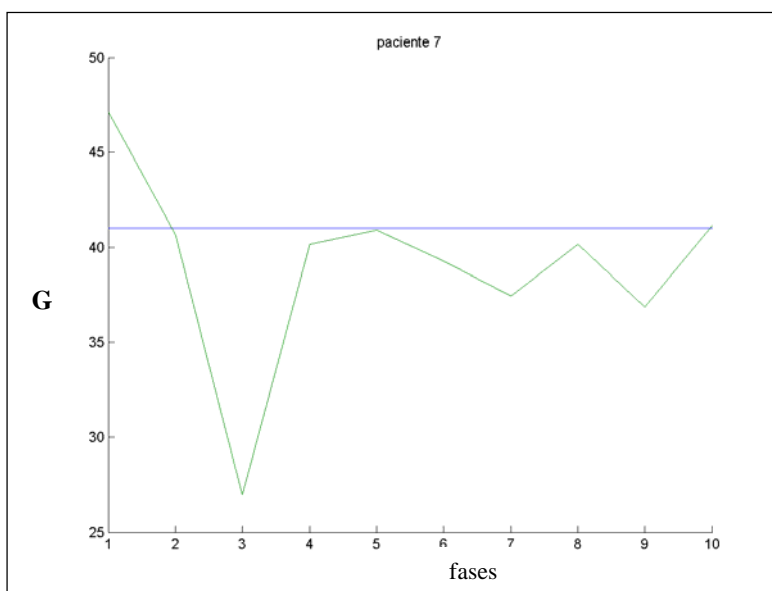
6.3.5: Resultado do ANFIS para o Participante 5 – TDAH

Na Figura 6.3.6, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 1 (Planejamento) referente ao participante 6 – Controle. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G a partir da fase 9.



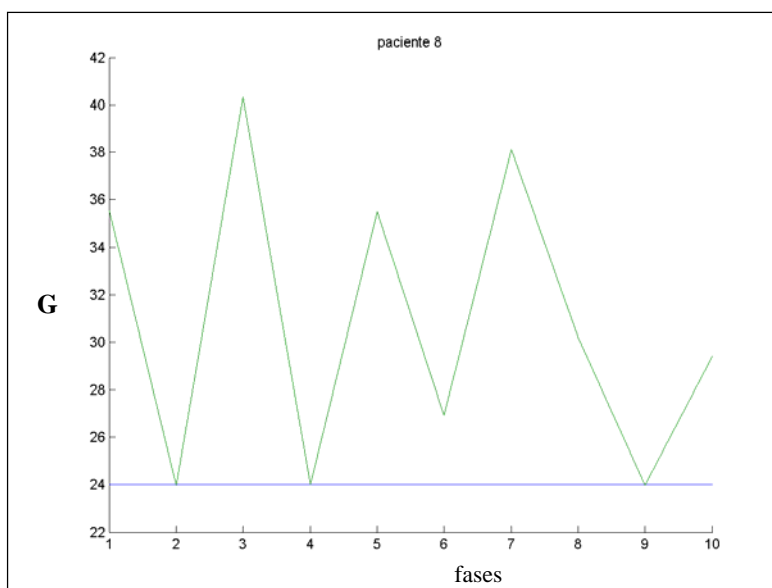
6.3.6: Resultado do ANFIS para o Participante 6 – Controle

Na Figura 6.3.7, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 1 (Planejamento) referente ao participante 7 – TDAH medicado. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G nas fases 5 e 10.



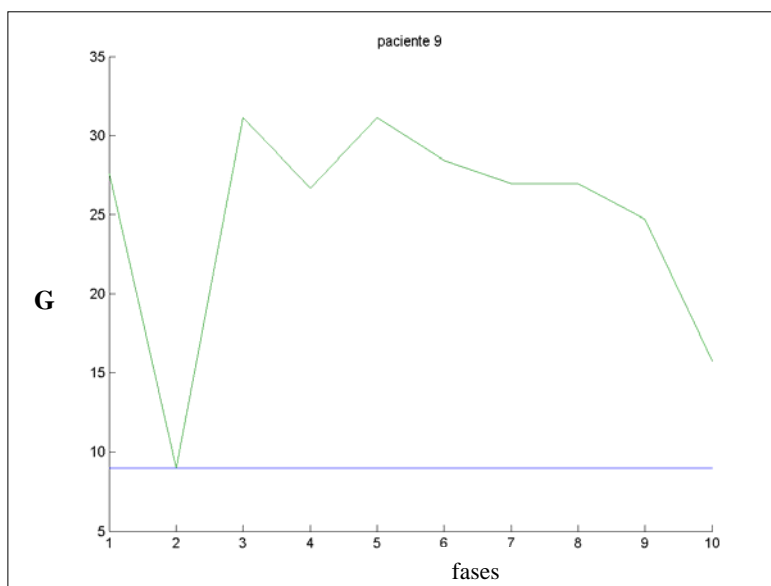
6.3.7: Resultado do ANFIS para o Participante 7 – TDAHmed

Na Figura 6.3.8, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 1 (Planejamento) referente ao participante 8 – Controle. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G nas fases 2, 4 e 9.



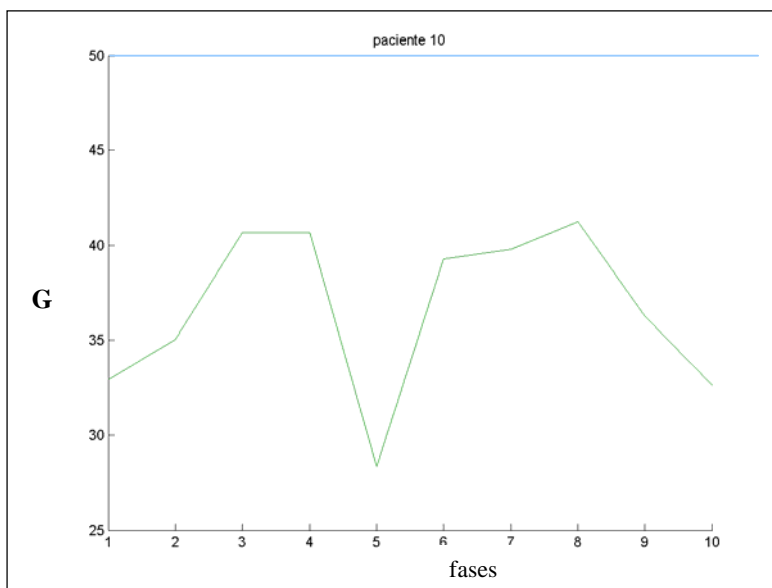
6.3.8: Resultado do ANFIS para o Participante 8 – Controle

Na Figura 6.3.9, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 1 (Planejamento) referente ao participante 9 – Controle. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G na fase 2.



6.3.9: Resultado do ANFIS para o Participante 9 – Controle

Na Figura 6.3.10, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 1 (Planejamento) referente ao participante 10 – TDAH sem medicação. É possível verificar que o sistema neurofuzzy não converge para o valor de G ficando mais próximo na fase 8.



6.3.10: Resultado do ANFIS para o Participante 10 – TDAH sem medicação

Os resultados obtidos nas análises por cada um dos participantes utilizando os escores de tempo e pontuação obtidos ao longo das dez fases do Modo 1 (Planejamento) do Jogo do Supermercado podem ser resumidos na Tabela 6.3.11.

Tabela 6.3.11: Resultados da análise neurofuzzy por participante obtidos no Modo 1

Num. do Participante	Situação	Fases onde Gravidade (G) converge
1	Tmed	9
2	Controle	Não converge
3	Controle	2, 3 e 9
4	TDAH	7, 8, 9 e 10
5	TDAH	3, 4, 5 e 6
6	Controle	9 e 10
7	Tmed	5 e 10
8	Controle	2, 4 e 9
9	Controle	2
10	TDAH	Não converge

Os resultados obtidos nessa primeira análise, resumidos na Tabela 6.3.11, apontam para uma maior relevância das últimas fases (9 e 10) do Modo 1 do Jogo Supermercado na convergência de G (Gravidade). Foi elaborada outro tipo de análise neurofuzzy, considerando os escores de ponto e tempo de cada participante para cada uma das fases com o objetivo de verificar essa tendência. Nessa nova análise, foi comparada fase por fase os valores de G calculados pelo sistema neurofuzzy e os valores G extraídos do formulário de auto-avaliação. Os resultados dessa nova avaliação podem ser observados nos gráficos das Figuras 6.3.12 a 6.3.22.

A Figura 6.3.12 mostra no eixo X o número do participante e no eixo Y e os valores calculados de G obtidos no formulário de auto-avalição e calculado pelo sistema neurofuzzy utilizando o modelo ANFIS na fase 1 do Modo 1.

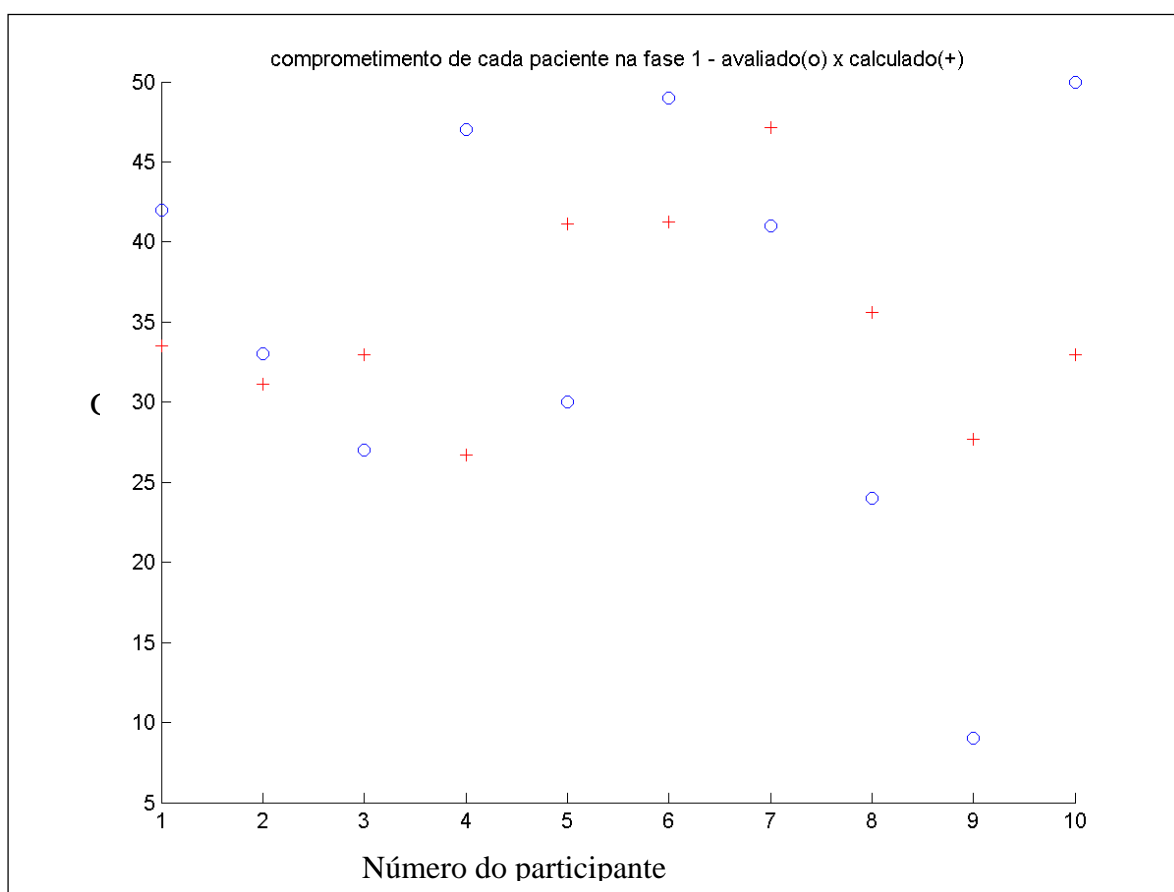


Figura 6.3.12: Resultados Obtidos na fase 1 do Modo 1

É possível observar na Figura 6.2.11 que não houve convergência do valor de G para nenhum dos participantes na fase 1. É importante lembrar que a fase 1 possui apenas um item a ser coletado e três regras que implicam em pontuação (começar pela entrada de cliente, finalizar no caixa e não repetir trechos no trajeto, com exceção da faixa em azul) e a cada nova fase é gerada uma nova lista com um item a mais.

A Figura 6.3.13 mostra os resultados obtidos na fase 2 no Modo 1 para todos os participantes.

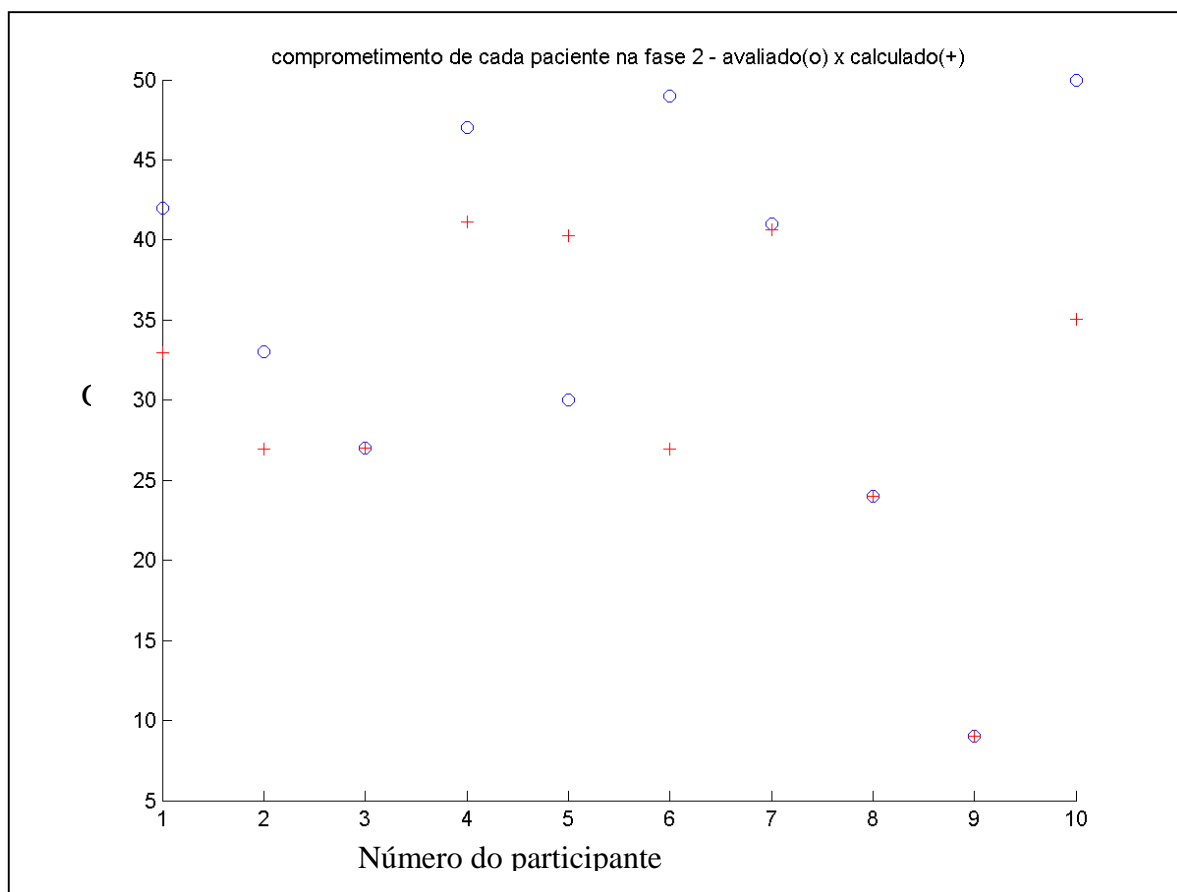


Figura 6.3.13: Resultados Obtidos na fase 2 do Modo 1

Na Figura 6.3.13 é possível observar que o resultado obtido pela análise neurofuzzy foi bem melhor do que o obtido na fase 1. Na fase 2, três valores de G convergiram: para o participante número três (Controle), para o participante número 9

(Controle) e para o participante número 9 (Controle), ou seja, convergiu para três dos cinco participantes controles.

A Figura 6.3.14 mostra os resultados obtidos na fase 3 no Modo 1 para todos os participantes.

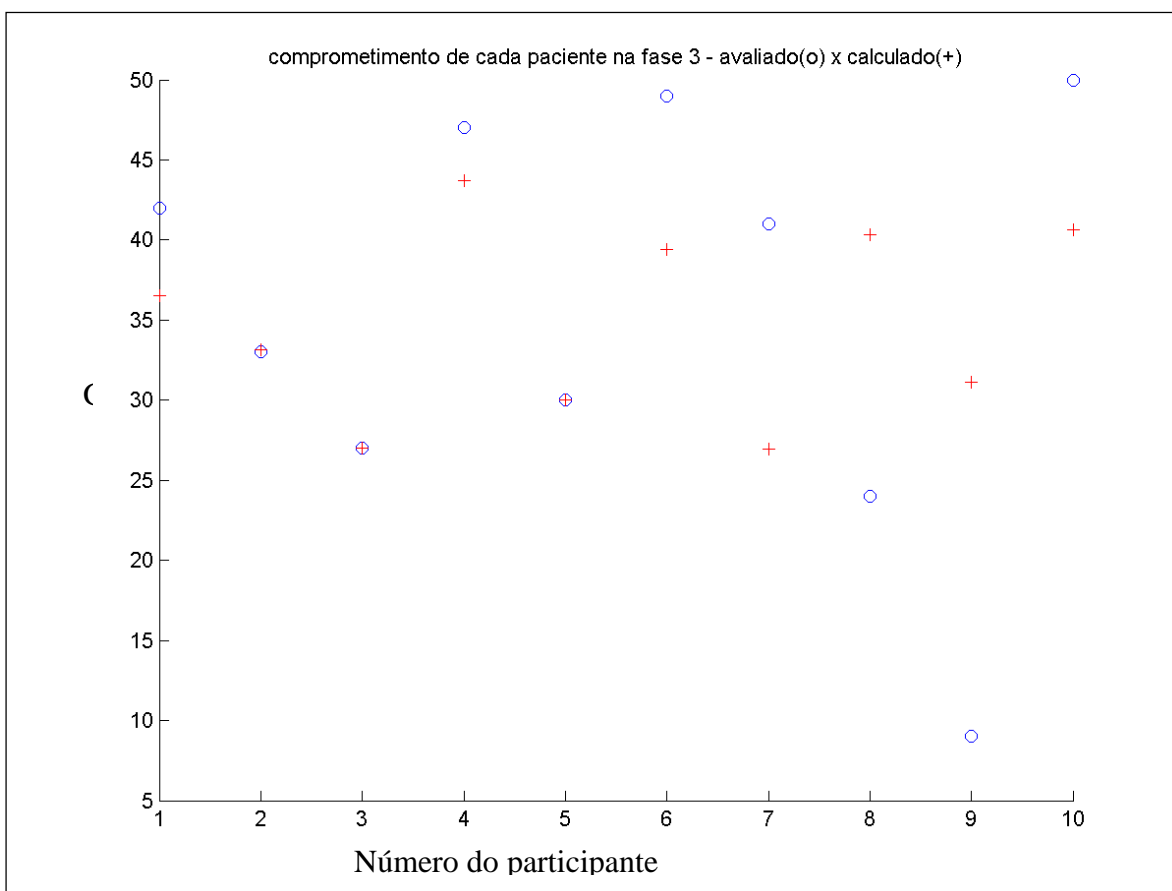


Figura 6.3.14: Resultados Obtidos na fase 3 do Modo 1

Na Figura 6.3.14 é possível observar que o resultado obtido na fase 3 pela análise neurofuzzy foi semelhante ao obtido na fase 2, pois três valores de G convergiram: para o participante número dois (Controle), para o participante número três (Controle) e para o participante número 5 (TDAH).

A Figura 6.3.15 mostra os resultados obtidos na fase 4 no Modo 1 para todos os participantes. É possível verificar que apenas dois valores de G convergiram para os participantes números cinco (TDAH) e oito (controle).

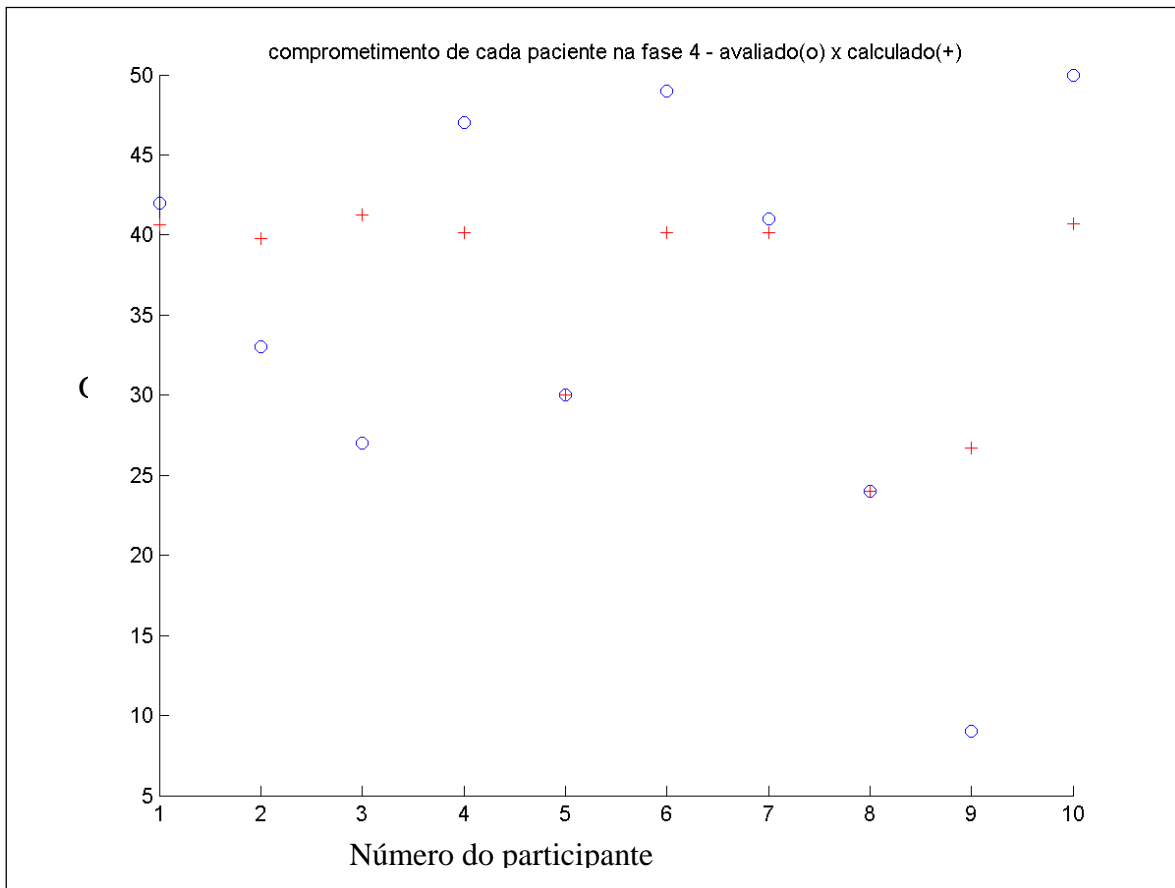


Figura 6.3.15: Resultados Obtidos na fase 4 do Modo 1

A Figura 6.3.16 mostra os resultados obtidos na fase 5 no Modo 1 para todos os participantes. É possível verificar que apenas dois valores de G convergiram para os participantes números cinco (TDAH) e sete (Tmed).

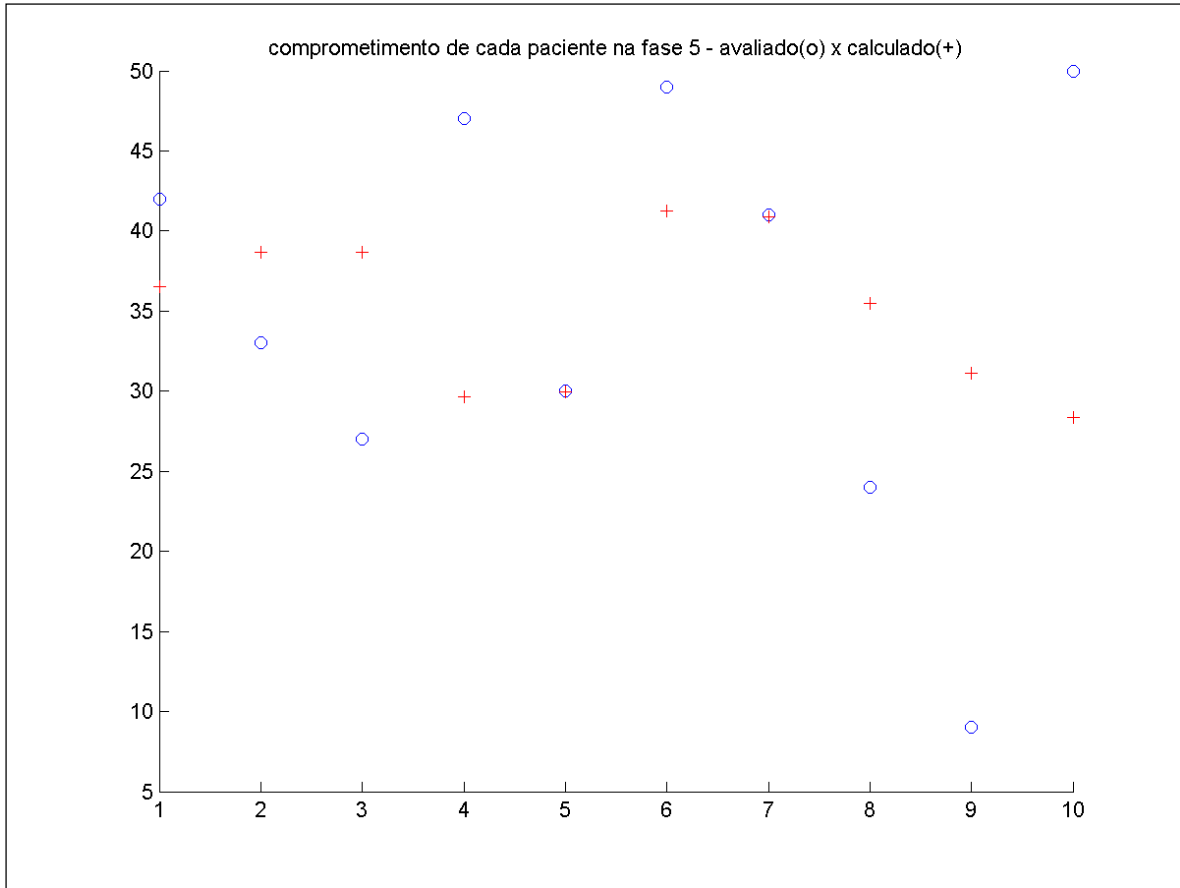


Figura 6.3.16: Resultados Obtidos na fase 5 do Modo 1

A Figura 6.3.17 mostra os resultados obtidos na fase 6, no Modo 1, para todos os participantes. Na Fase 6 só houve convergência para o participante número 5 (TDAH).

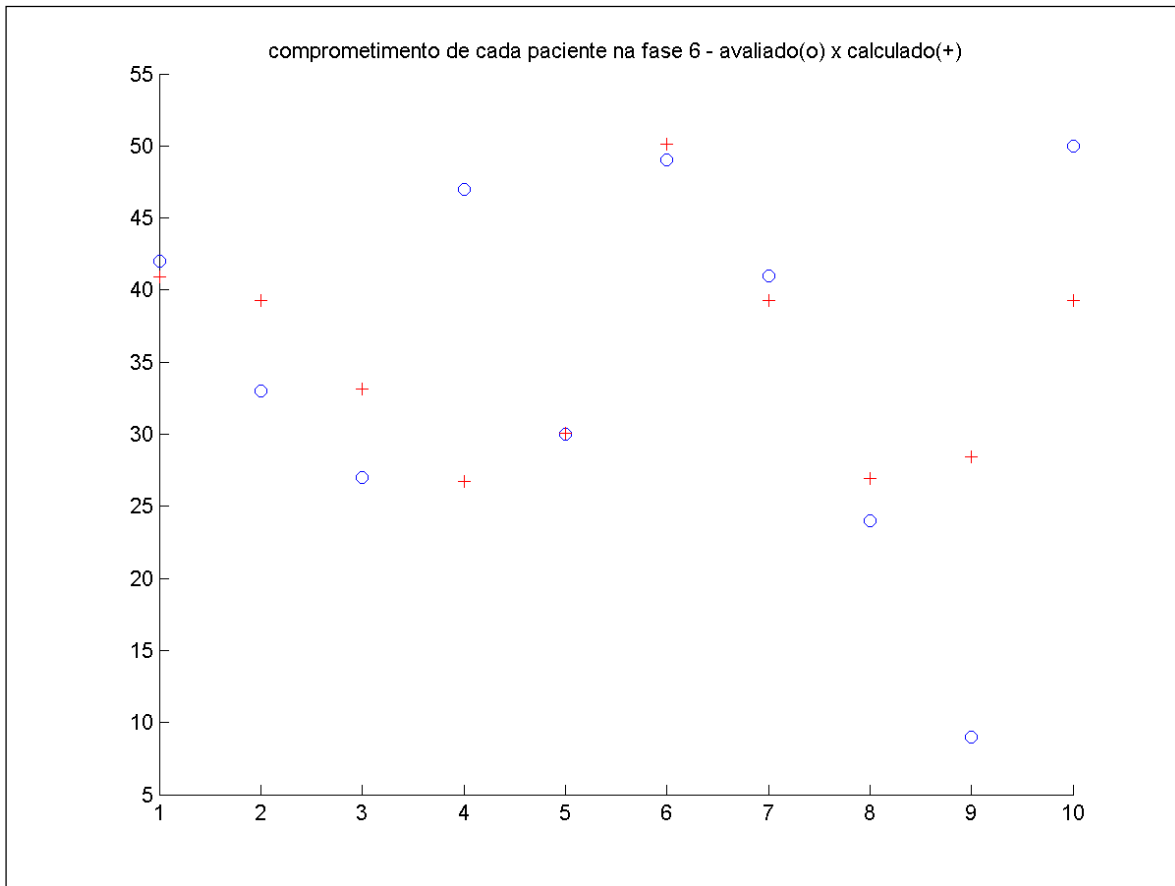


Figura 6.3.17: Resultados Obtidos na fase 6 do Modo 1

A Figura 6.3.18 mostra os resultados obtidos na fase 7, no Modo 1, para todos os participantes. Na Fase 7 não houve convergência para nenhum dos participantes.

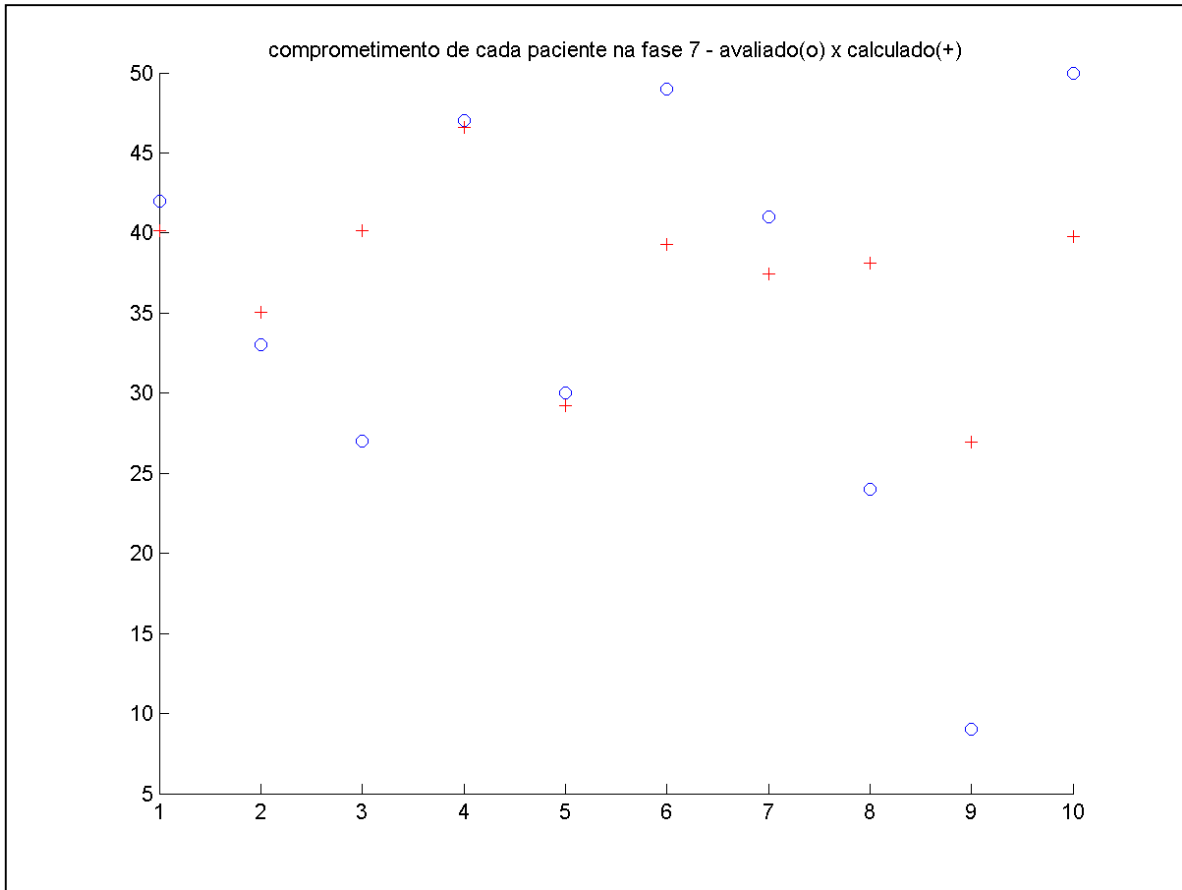


Figura 6.3.18: Resultados Obtidos na fase 7 do Modo 1

A Figura 6.3.19 mostra os resultados obtidos na fase 8, no Modo 1, para todos os participantes. De forma semelhante à fase anterior não houve convergência para nenhum valor de G.

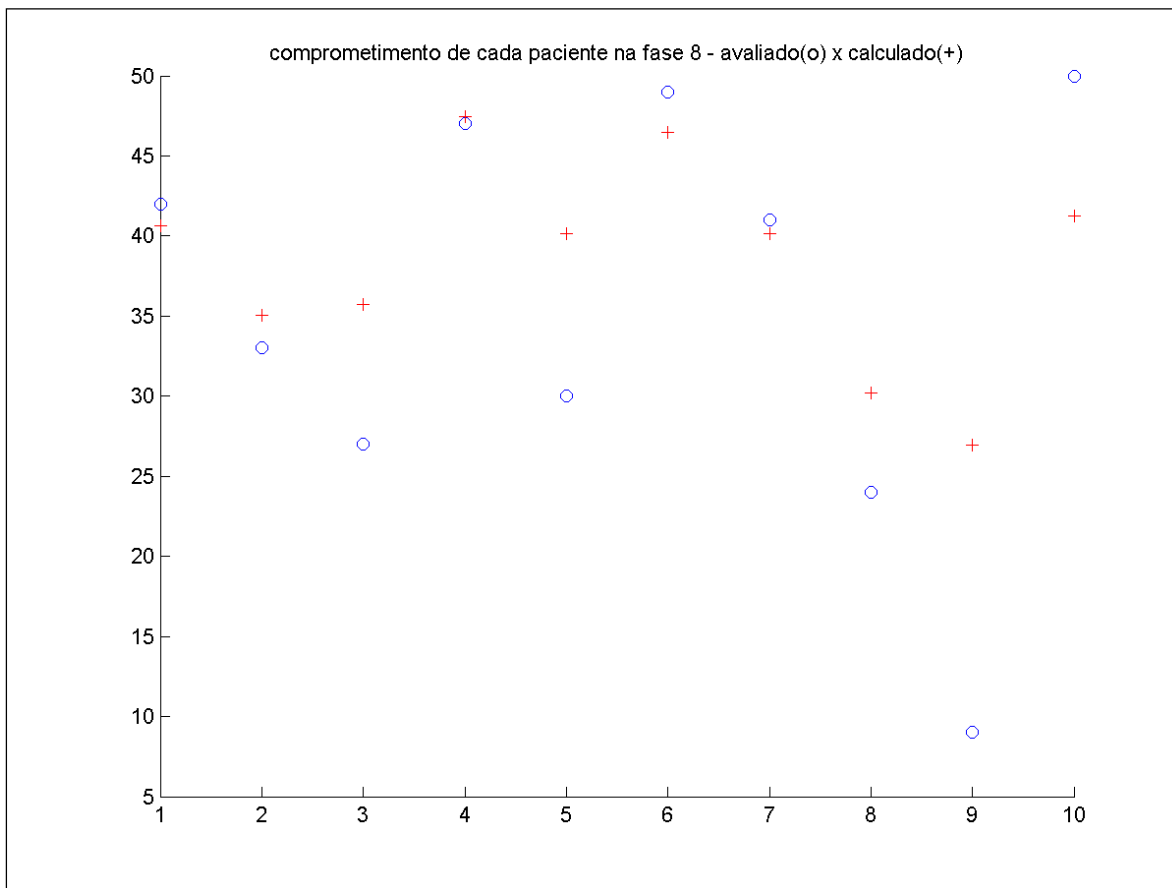


Figura 6.3.19: Resultados Obtidos na fase 8 do Modo 1

A Figura 6.3.20 mostra os resultados obtidos na fase 9, no Modo 1, para todos os participantes. É possível perceber que a fase 9 obteve 4 valores de G que convergiram no caso dos participantes números: um (Tmed), três (Controle), quatro (TDAH) e oito (Controle). É importante observar este foi um dos melhores resultados obtidos pelo sistema neurofuzzy. Outro fato importante é que o sistema consegue, na fase 9, confirmar os valores de G para cada uma das três possíveis situações (Tmed, Controle e TDAH).

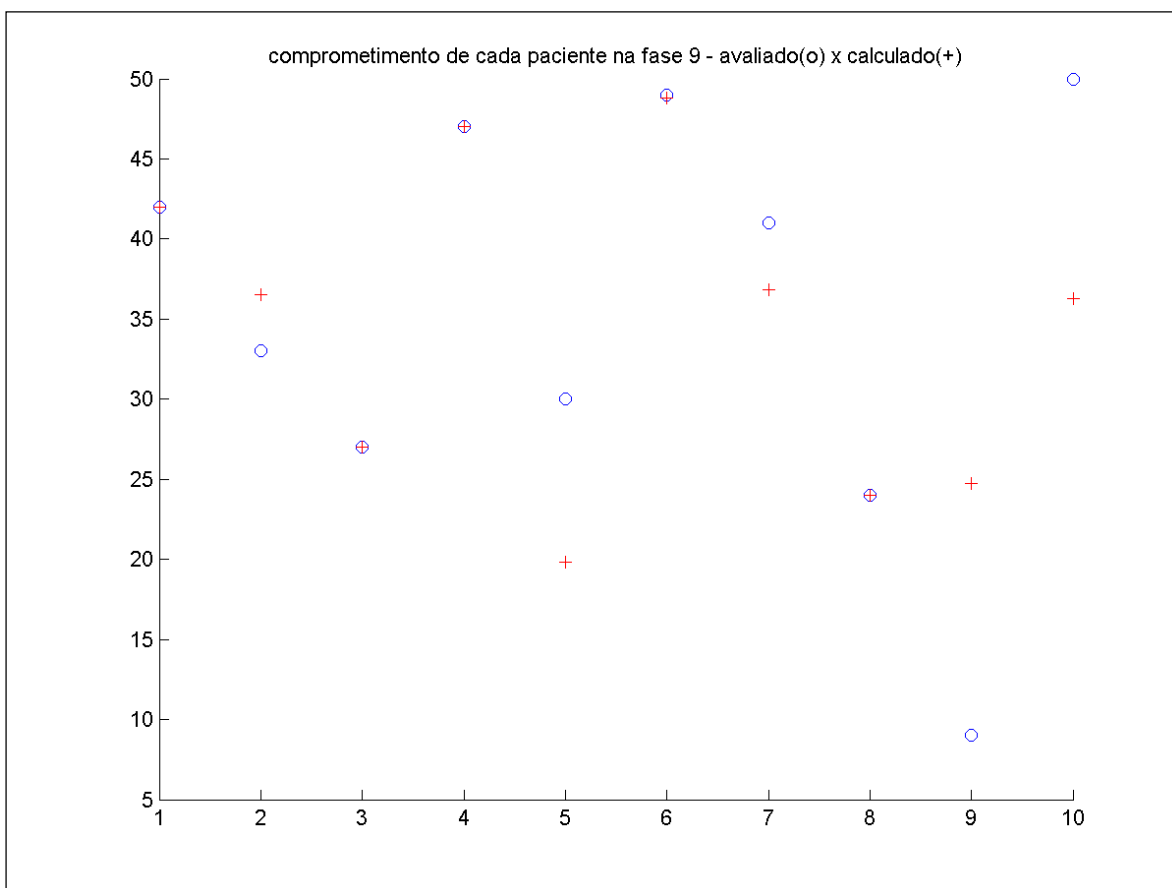


Figura 6.2.20: Resultados Obtidos na fase 9 do Modo 1

A Figura 6.3.21 mostra os resultados obtidos na fase 10, no Modo 1, para todos os participantes. Na fase 10 o sistema neurofuzzy obtém a convergência em dois valores de G referentes aos participantes 1 (Tmed) e 6 (Controle), mas obtém valores muito próximos para os participantes 4 (TDAH) e 7 (Tmed). Essa fase mostra um resultado interessante, pois obtém valores exatos e muito próximos que englobam os participantes medicados, que são mais difíceis de ser avaliados.

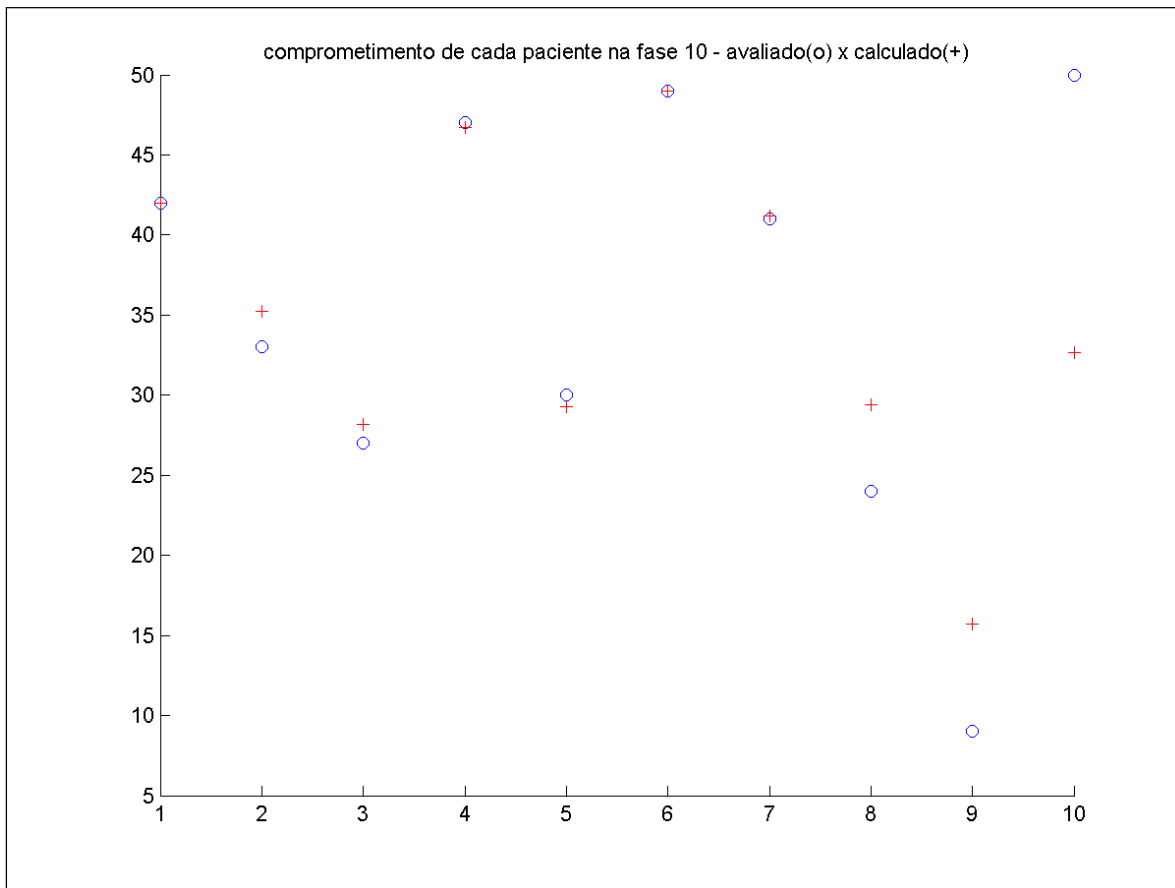


Figura 6.3.21: Resultados Obtidos na fase 10 do Modo 1

Através dos resultados obtidos na análise neurofuzzy de todas as fases do Modo 1 – Planejamento, é possível perceber a importância das últimas fases (principalmente as fases 9 e 10) do Jogo do Supermercado no processo de captura cognitiva.

De forma análoga às análises neurofuzzy realizadas com o modelo ANFIS para o Modo 1, também, foram realizadas as mesmas verificações para o Modo 2 – Execução. A primeira análise realizada para o Modo 2 utilizou o grau de gravidade (G), os escores de pontos e de tempos obtidos nas 10 fases por cada um dos participantes. Os gráficos mostrados nas Figuras 6.3.22 a 6.3.31 mostram os resultados obtidos pelo sistema ANFIS para cada um dos participantes. No eixo X estão representadas as 10 fases do Modo2, enquanto no eixo Y temos a Gravidade (G) obtida no formulário de auto-avaliação. A linha em azul mostra o G de cada participante.

Na Figura 6.3.22, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo2 (Execução) referente ao participante 1 - TDAH medicado. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G na fase 6.

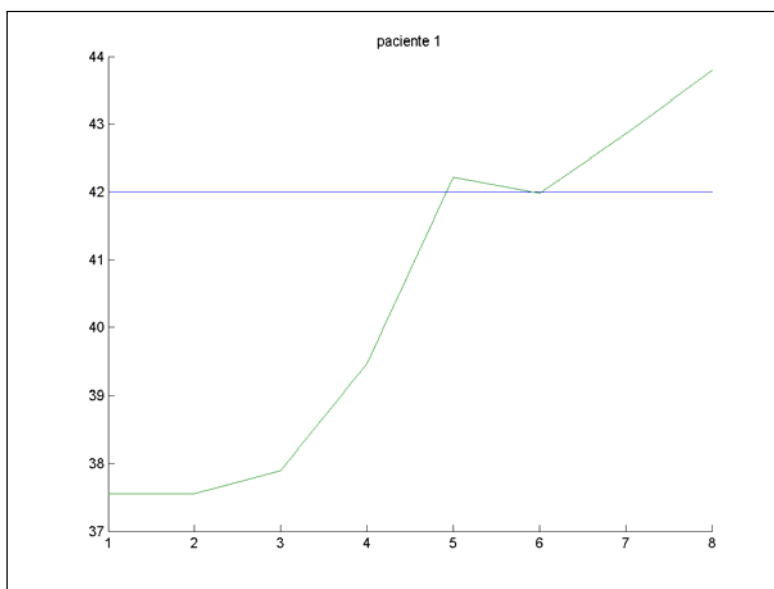


Figura 6.3.22: Resultado do ANFIS para o Participante 1- TDAHmed

Na Figura 6.3.23, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo2 (Execução) referente ao participante 2 - Controle. É possível verificar que o sistema neurofuzzy não converge, mas se aproxima do valor de G nas fases 3 e 8.

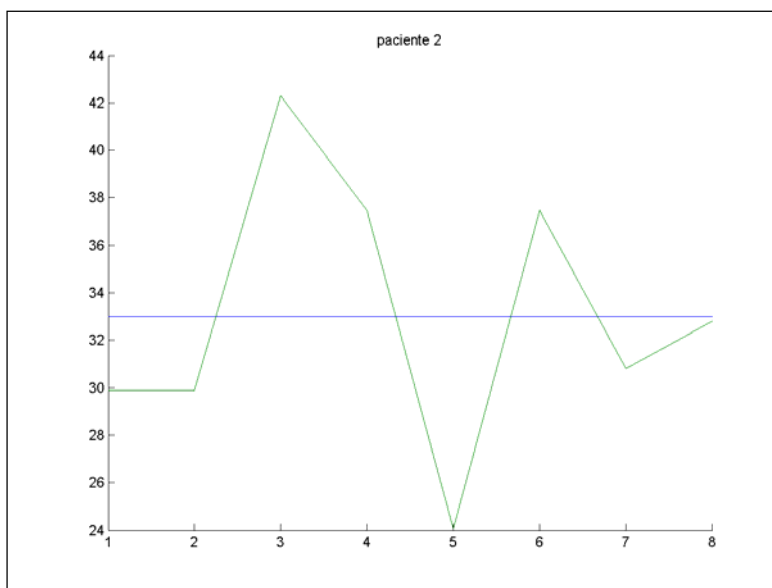


Figura 6.3.23: Resultado do ANFIS para o Participante 2 – Controle

Na Figura 6.3.24, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS referente ao participante 3 - Controle. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge o valor de G nas fases 7 e 8.

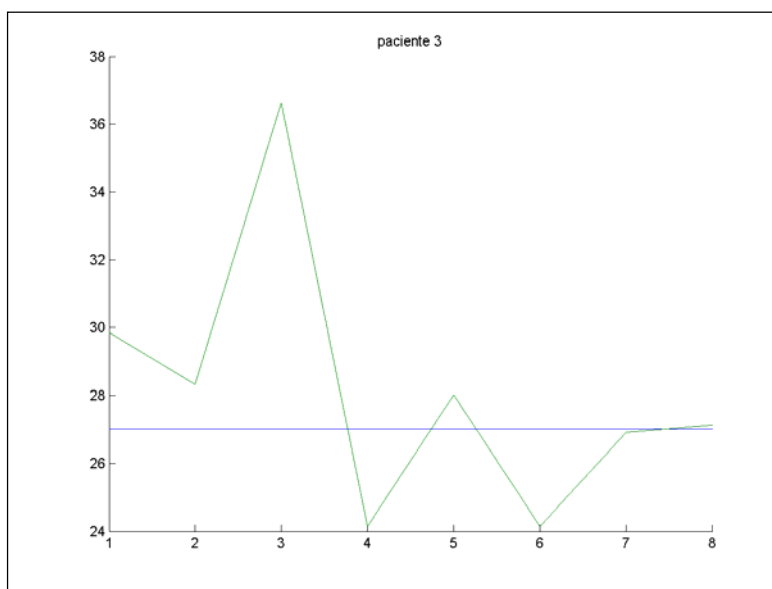


Figura 6.3.24: Resultado do ANFIS para o Participante 3 – Controle

Na Figura 6.3.25, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo2 (Execução) referente ao participante 4 – TDAH sem medicação. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G a partir da fase 5.

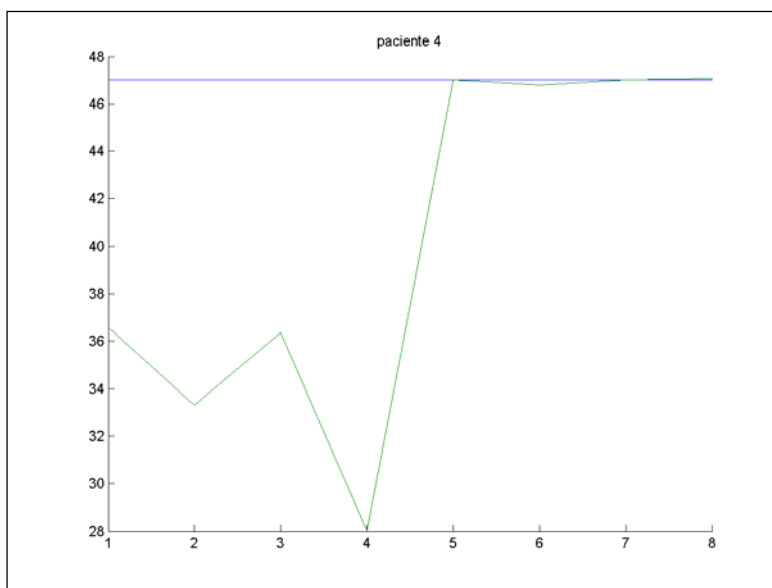
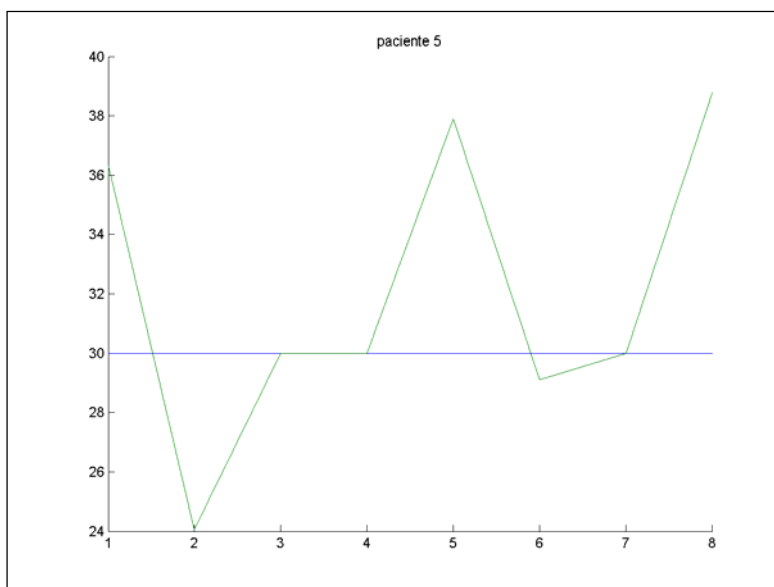


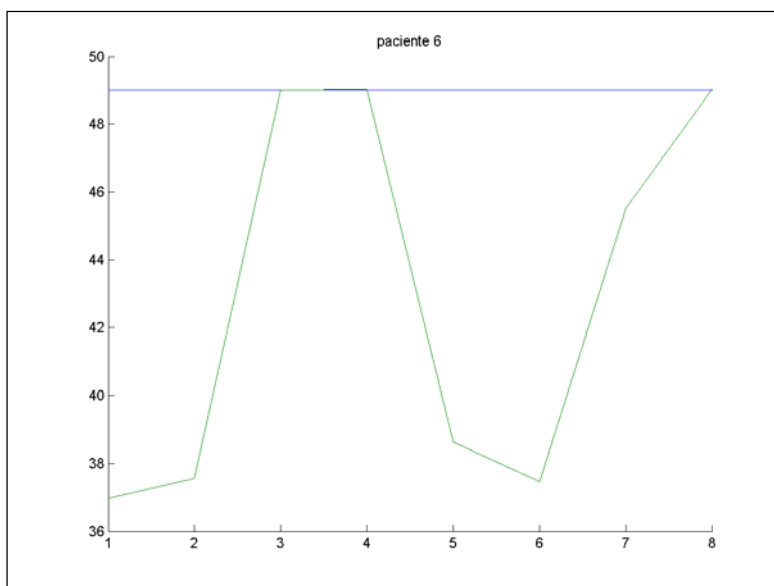
Figura 6.3.25: Resultado do ANFIS para o Participante 4 – TDAH

Na Figura 6.3.26, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 2 (Execução) referente ao participante 5 – TDAH sem medicação. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G nas fases 3, 4 e 7.



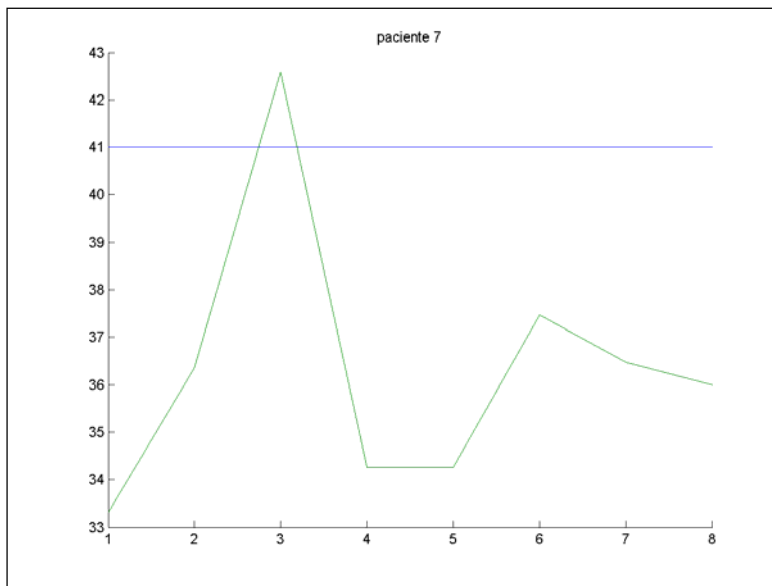
6.3.26: Resultado do ANFIS para o Participante 5 – TDAH

Na Figura 6.3.27, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 2 (Execução) referente ao participante 6 – Controle. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G nas fases 3, 4 e 8.



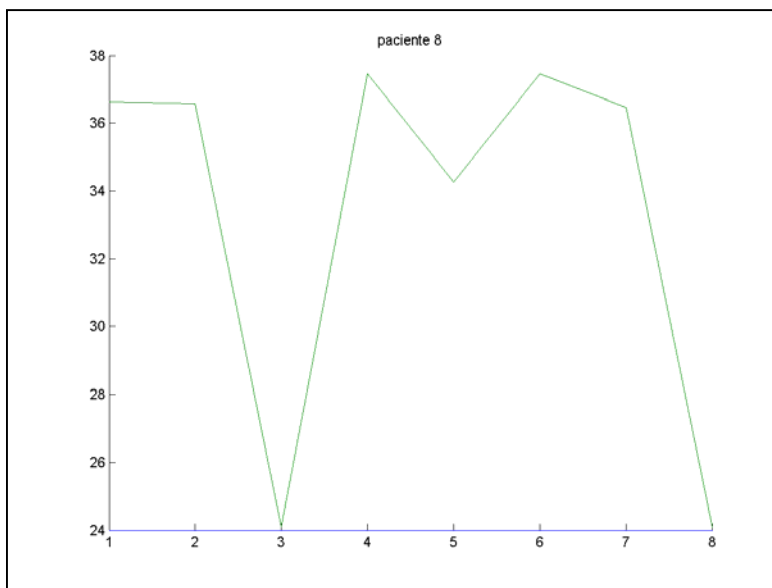
6.3.27: Resultado do ANFIS para o Participante 6 – Controle

Na Figura 6.3.28, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 2 (Execução) referente ao participante 7 – TDAH medicado. É possível verificar que o sistema neurofuzzy não converge para o valor de G em nenhuma das fases.



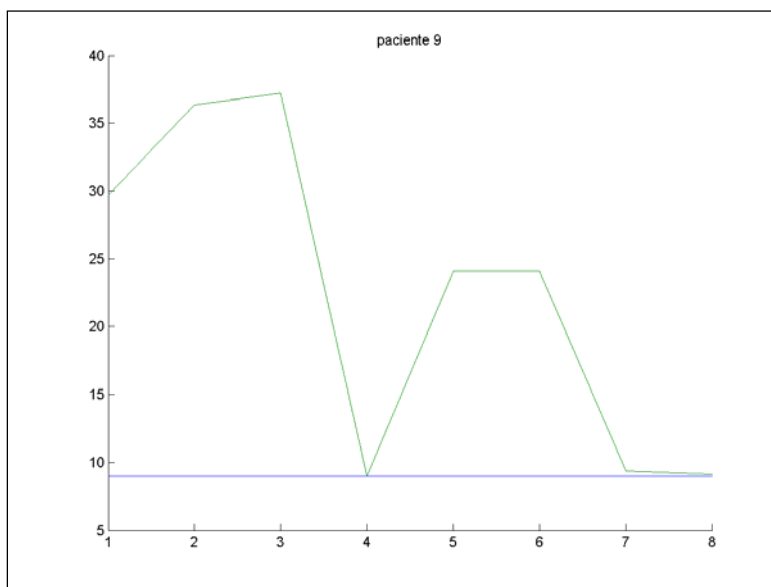
6.3.28: Resultado do ANFIS para o Participante 7 – TDAHmed

Na Figura 6.3.29, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 2 (Execução) referente ao participante 8 – Controle. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G nas fases 3 e 8.



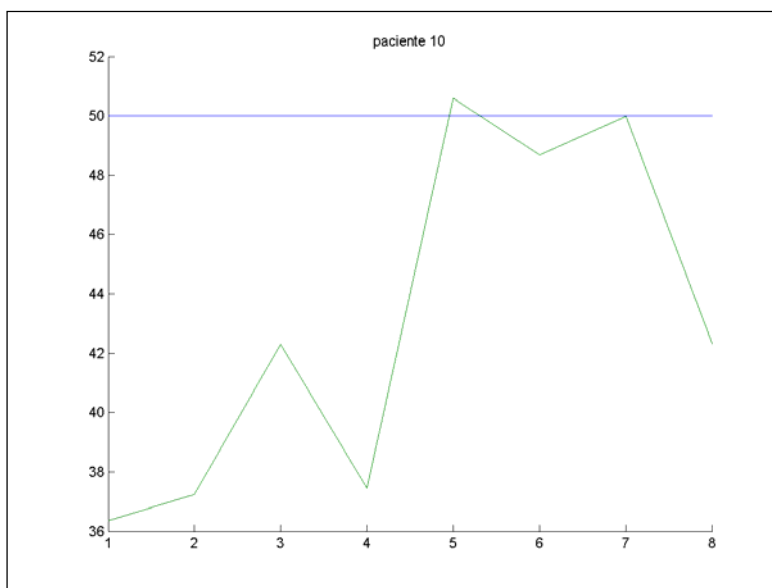
6.3.29: Resultado do ANFIS para o Participante 8 – Controle

Na Figura 6.3.30, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 2 (Execução) referente ao participante 9 – Controle. É possível verificar que o sistema neurofuzzy converge para o valor de G nas fases 4, 7 e 8.



6.3.30: Resultado do ANFIS para o Participante 9 – Controle

Na Figura 6.3.31, pode-se observar o resultado do treinamento do ANFIS no Modo 2 (Execução) referente ao participante 10 – TDAH sem medicação. É possível verificar que o sistema neurofuzzy não converge para o valor de G ficando mais próximo na fase 7.



6.3.31: Resultado do ANFIS para o Participante 10 – TDAH sem medicação

Os resultados obtidos nas análises por cada um dos participantes utilizando os escores de tempo e pontuação obtidos ao longo das oito fases do Modo 2 (Execução) do Jogo do Supermercado podem ser resumidos na Tabela 6.3.32

Tabela 6.3.32: Resultados da análise neurofuzzy por participante obtidos no Modo 2

Num. do Participante	Situação	Fases onde Gravidade (G) converge
1	Tmed	6
2	Controle	3 e 8
3	Controle	7 e 8
4	TDAH	5, 6, 7 e 8
5	TDAH	3, 4 e 7
6	Controle	3, 4 e 8
7	Tmed	Não converge
8	Controle	3 e 8
9	Controle	4, 7 e 8
10	TDAH	7

Os resultados obtidos na análise de cada participante considerando todas as 8 fases do Modo 2 - Execução, resumidos na Tabela 6.3.32, apontam para uma maior relevância das últimas fases (7 e 8) no Modo 2 do Jogo Supermercado considerando a convergência de G (Gravidade).

Finalizando as análises neurofuzzy foram realizadas verificações considerando os escores de ponto e tempo de cada participante para cada uma das fases com o objetivo de verificar essa tendência. Nessa nova análise, foi comparada fase por fase os valores de G calculados pelo sistema neurofuzzy e os valores G extraídos do formulário de auto-avaliação. Os resultados dessa nova avaliação podem ser observados nos gráficos das Figuras 6.3.33 a 6.3.40.

A Figura 6.3.33 mostra no eixo X o número do participante e no eixo Y e os valores calculados de G obtidos no formulário de auto-avaliação e calculado pelo sistema neurofuzzy utilizando o modelo ANFIS na fase 1 do Modo 2.

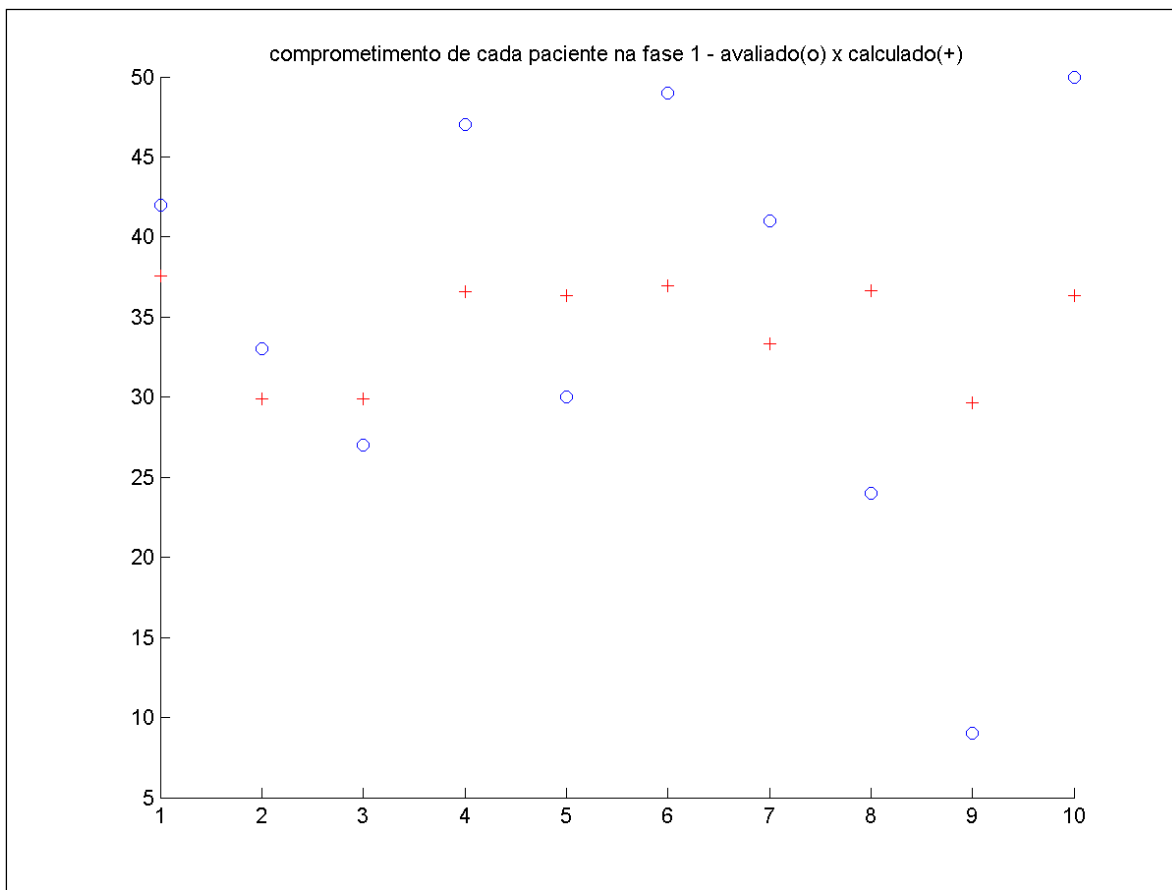


Figura 6.3.33: Resultados Obtidos na fase 1 do Modo 2

É possível observar na Figura 6.3.33 que não houve convergência do valor de G para nenhum dos participantes na fase 1.

É importante lembrar que a fase 1 possui apenas um item a ser coletado e três regras que implicam em pontuação (começar pela entrada de cliente, finalizar no caixa e não repetir trechos no trajeto, com exceção da faixa em azul) e a cada nova fase é gerada uma nova lista com um item a mais.

A Figura 6.3.34 mostra os resultados obtidos na fase 2 no Modo 2 para todos os participantes.

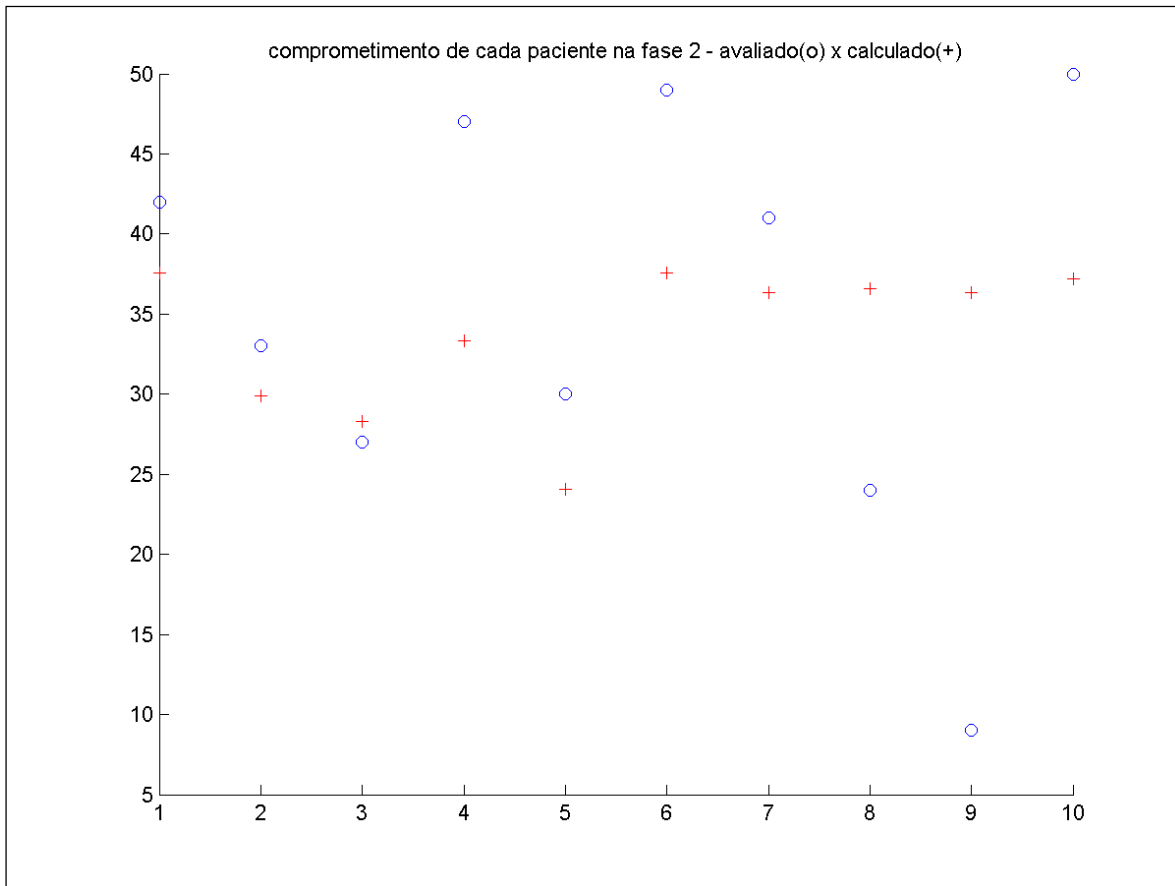


Figura 6.3.34: Resultados Obtidos na fase 2 do Modo 2

Na Figura 6.3.3 4é possível observar que o resultado obtido pela análise neurofuzzy foi semelhante ao obtido na obtido na fase 1 do Modo 2, pois não houve convergência do valor de G para nenhum dos participantes.

A Figura 6.3.35 mostra os resultados obtidos na fase 3 no Modo 2 para todos os participantes.

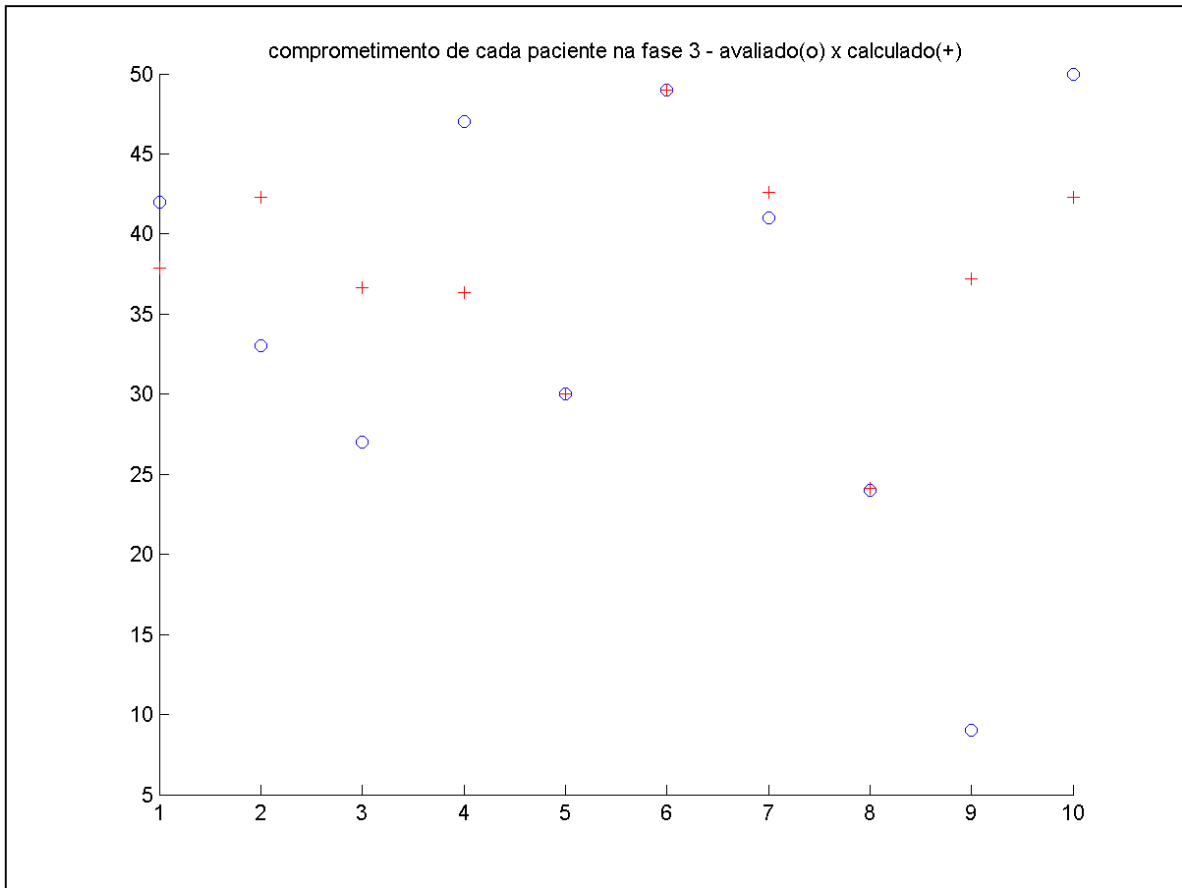


Figura 6.3.35: Resultados Obtidos na fase 3 do Modo 2

Na Figura 6.3.35 é possível observar que o resultado obtido na fase 3 pela análise neurofuzzy bem melhor dos encontrados nas fases 1 e 2, pois três valores de G convergiram: para o participante número cinco (TDAH), para o participante número seis (Controle) e para o participante número oito (Controle).

A Figura 6.3.36 mostra os resultados obtidos na fase 4 no Modo 2 para todos os 10 participantes.

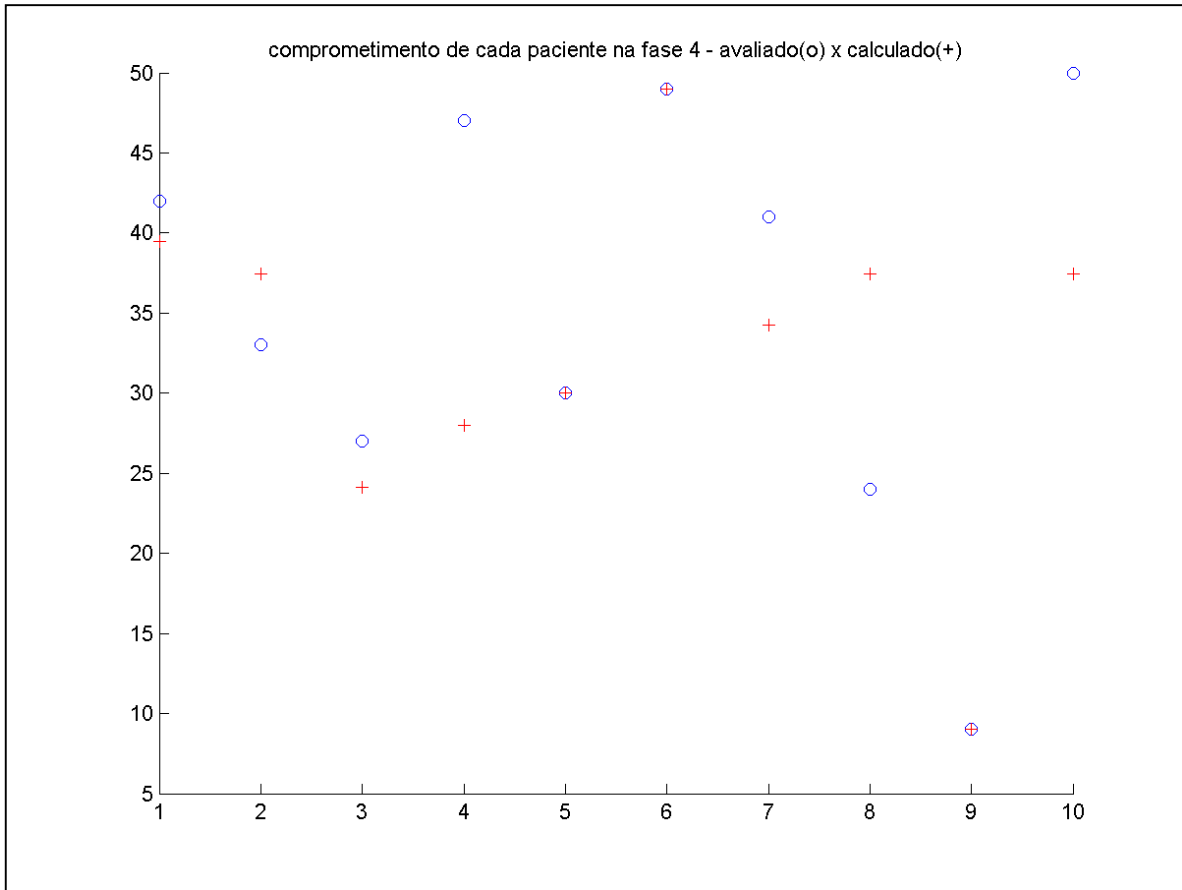


Figura 6.3.36: Resultados Obtidos na fase 4 do Modo 2

É possível verificar na Figura 6.3.36 que apenas dois valores de G convergiram para os participantes números cinco (TDAH) e seis (controle).

A Figura 6.3.37 mostra os resultados obtidos na fase 5 no Modo 2 para todos os participantes.

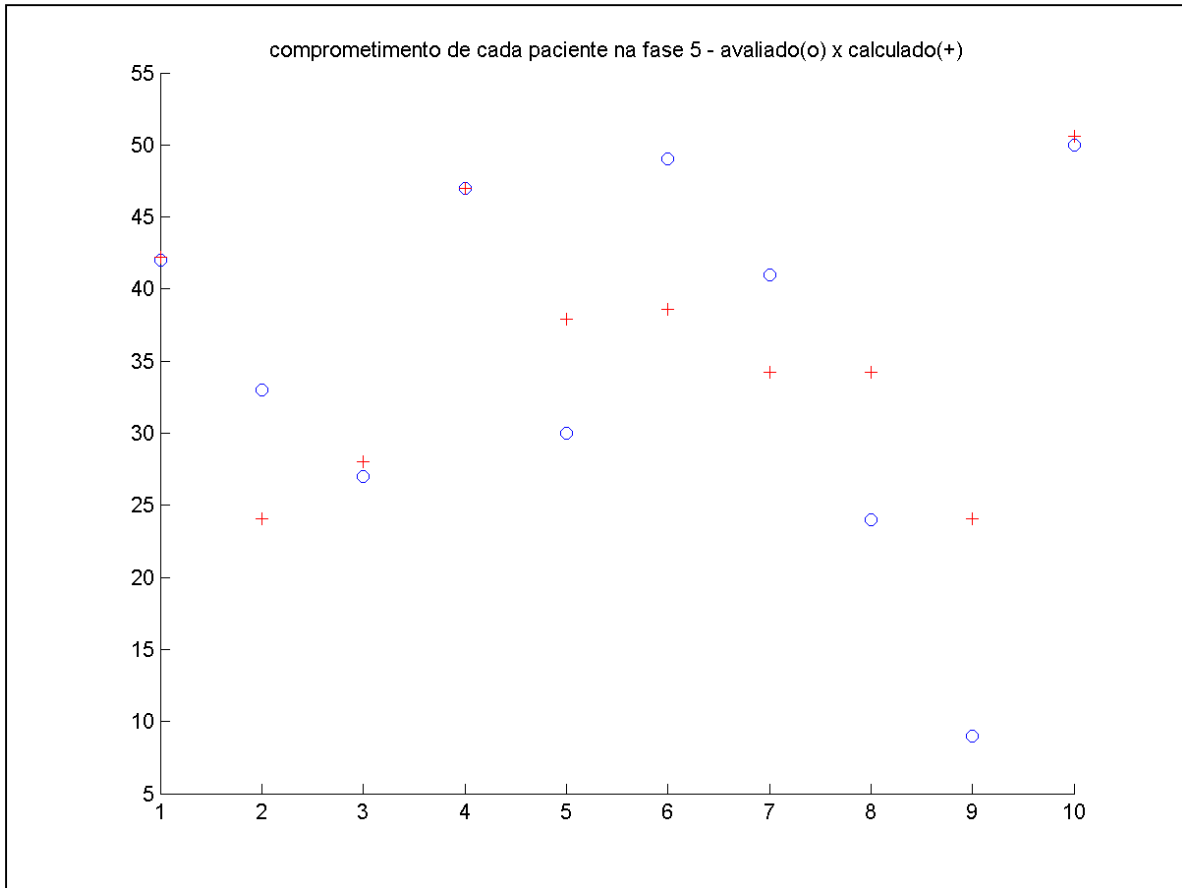


Figura 6.3.37: Resultados Obtidos na fase 5 do Modo 2

É possível verificar na Figura 6.3.37 que apenas dois valores de G convergiram para os participantes números um (Tmed) e quatro (TDAH).

A Figura 6.3.38 mostra os resultados obtidos na fase 6, no Modo 2, para todos os participantes.

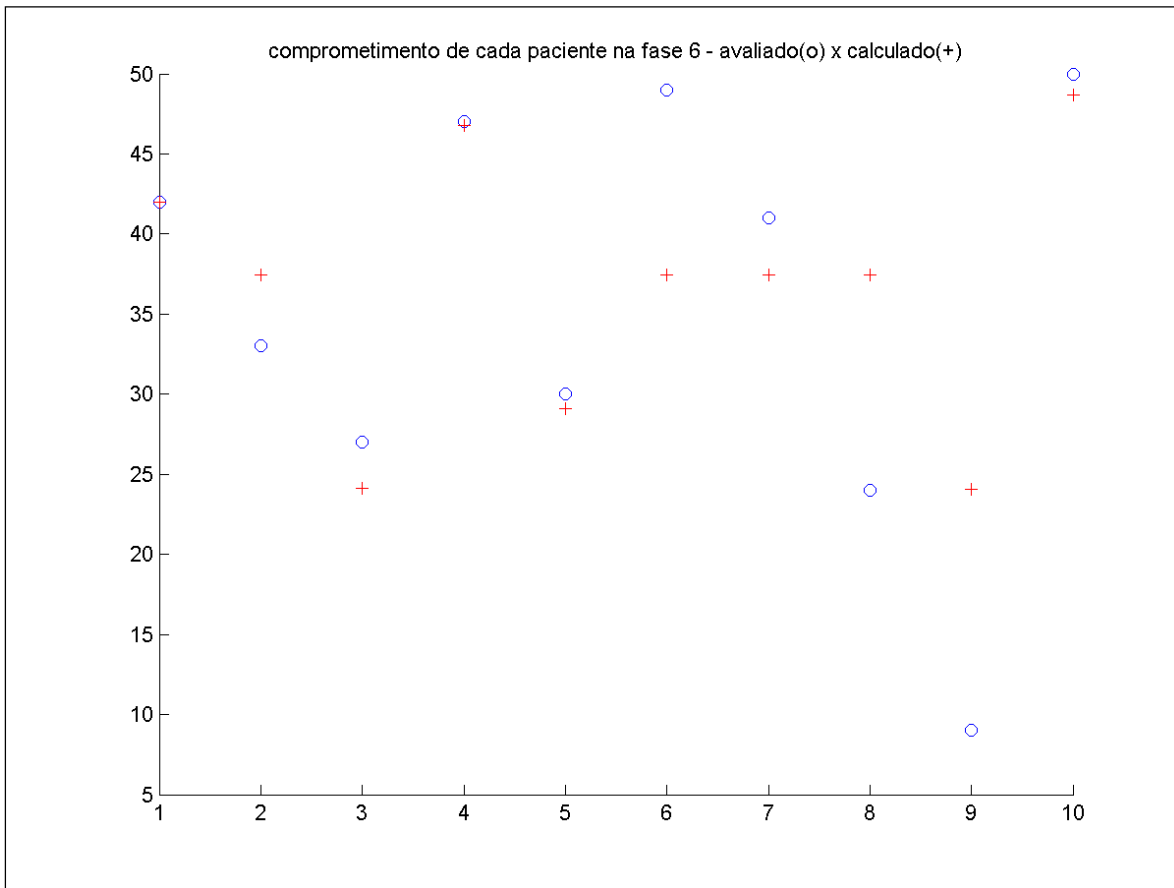


Figura 6.3.38: Resultados Obtidos na fase 6 do Modo 2

É possível observar através da Figura 6.3.38 que na fase 6 do modo 2 (Execução) só houve convergência do valor de G apenas para o participante 1 (Tmed).

A Figura 6.3.39 mostra os resultados obtidos na fase 7 no Modo 2 para todos os participantes.

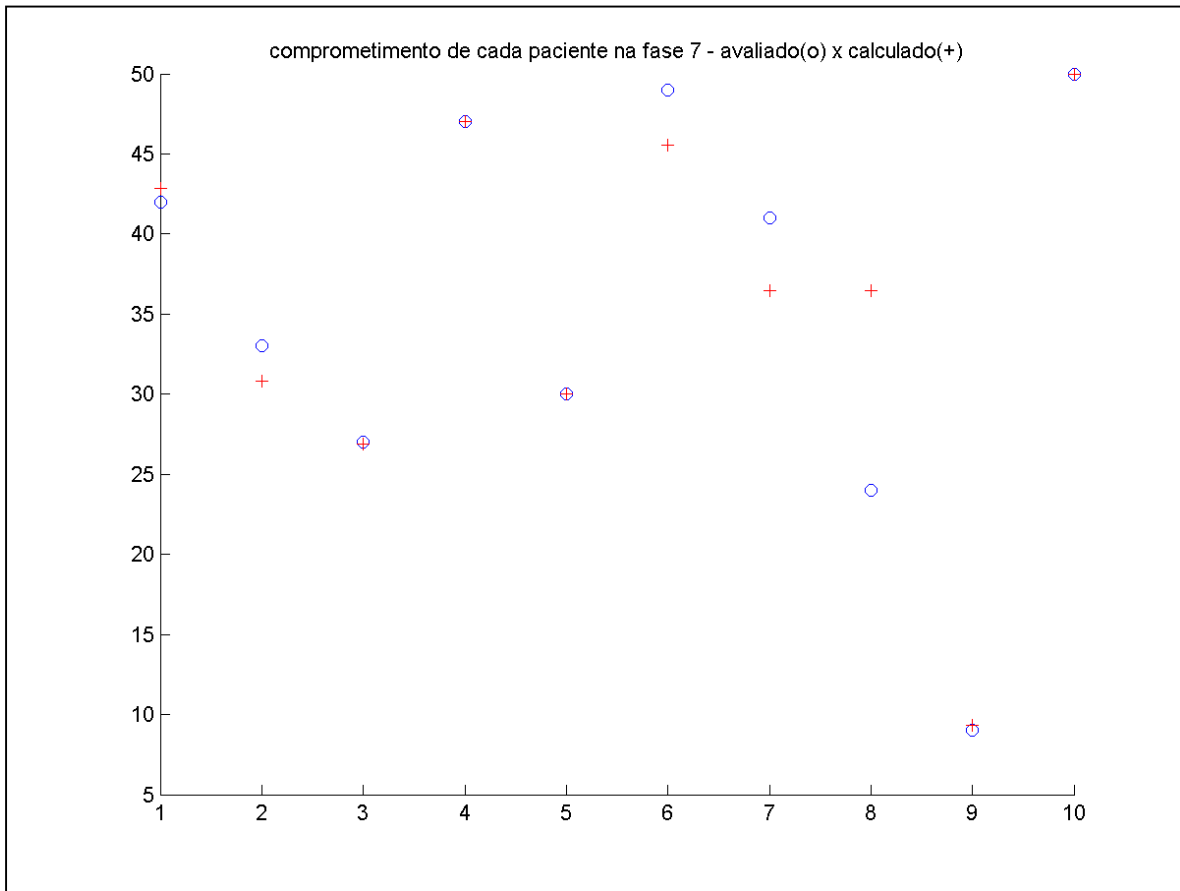


Figura 6.3.39: Resultados Obtidos na fase 7 do Modo 2

Na Figura 6.3.39 é possível verificar um resultado bastante superior aos resultados encontrados nas fases anteriores, pois o sistema neurofuzzy convergiu o valor de G para os participantes número três (Controle), quatro (TDAH), cinco (TDAH), nove (Controle) e dez (TDAH).

A Figura 6.3.40 mostra os resultados obtidos na fase 8, no Modo 2, para todos os participantes.

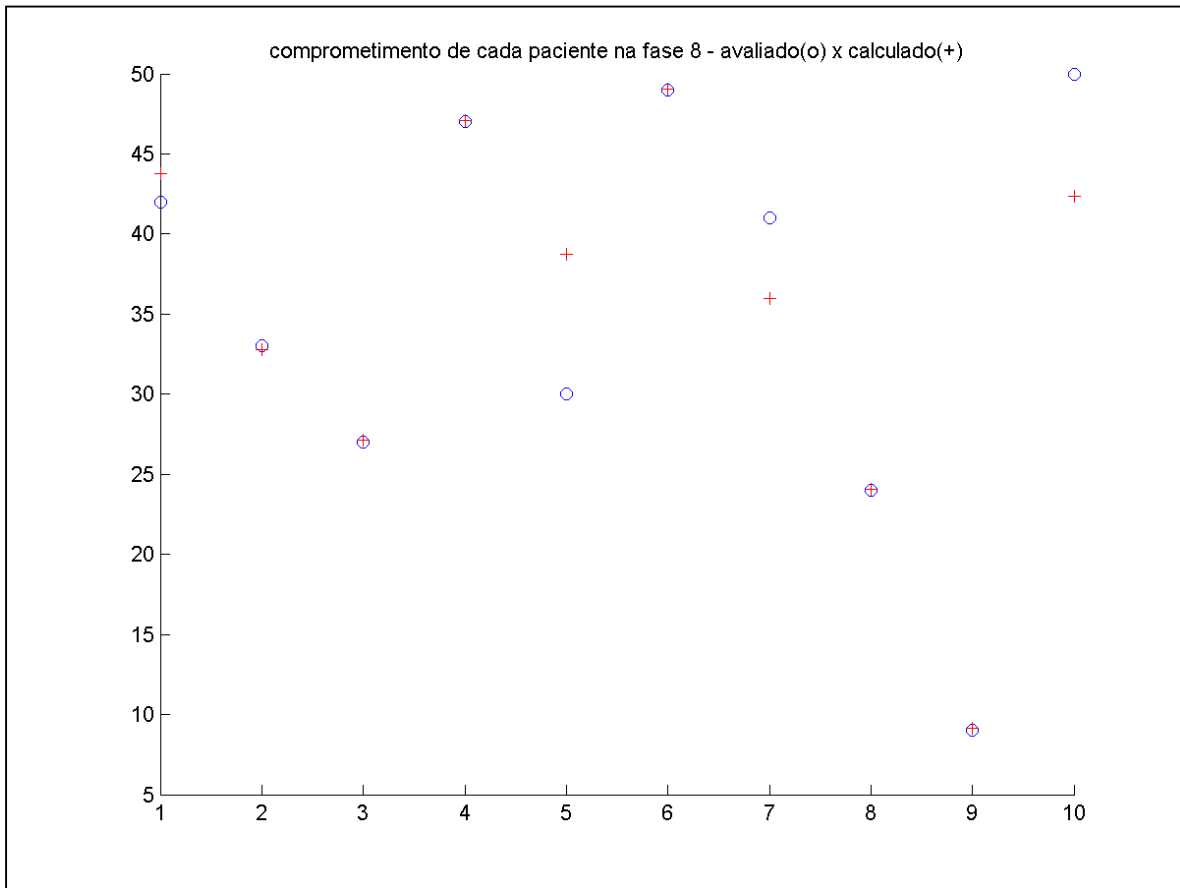


Figura 6.3.40: Resultados Obtidos na fase 8 do Modo 2

Através da Figura 6.3.40 podem ser observados os resultados obtidos na fase 8, do Modo 2, para todos os participantes. Na fase 8 o sistema neurofuzzy obtém a convergência em seis valores de G referentes aos participantes dois (Controle), três (Controle), quatro (TDAH), seis (Controle), oito (Controle) e nove (Controle). Esse foi o melhor resultado obtido nas avaliações das fases do Modo 2.

Através dos resultados obtidos na análise neurofuzzy de todas as fases do Modo 2 – Execução, é possível perceber a importância das duas últimas fases (fases 7 e 8) do Jogo do Supermercado no processo de Captura Cognitiva.

6.4 Análise Bayesiana

Outra investigação realizada foi a análise dos dados obtidos, através do Jogo do Supermercado, utilizando Redes Bayesianas. Essa análise foi realizada com a cooperação do professor Carlo Manoel de Oliveira do Núcleo de Computação Eletrônica (NCE) da UFRJ, utilizando a linguagem Python e programa Orange Canvas. Houve um esforço significativo de programação em Python para converter os dados oriundos do jogo para um formato que pudesse ser utilizado pelo Orange. Após essa conversão cinco diferentes análises foram realizadas.

A primeira análise envolveu apenas os dados de diagnóstico (incluindo as três possíveis situações do participante (controle, TDAH e TDAH medicado) e os dados dos escores de tempo e a pontuação da última fase do Modo 1 (fase10) e os escores de tempo e a pontuação da última fase do Modo 2 (fase 8). O resultado obtido pode ser visualizado na Figura 6.4.1.



```
carlo@Mingau: ~/Desktop/old/abrapa
Arquivo Editar Ver Terminal Abas Ajuda
carlo@Mingau:~/Desktop/old/abrapa$ python ab.py
ab.py:1: RuntimeWarning: Python C API version mismatch for module orange: This Python has API version 1013, module orange has version 1012.
import orange
era Tmed agora Tmed
era norm agora norm
era norm agora norm
era TDAH agora TDAH
era TDAH agora TDAH
era norm agora Tmed
era Tmed agora Tmed
era norm agora Tmed
era norm agora TDAH
era TDAH agora TDAH
carlo@Mingau:~/Desktop/old/abrapa$
```

Figura 6.4.1: Análise bayesiana utilizando os dados do form. e das últimas fases dos Modos 1 e 2

A Figura 6.4.1 mostra a situação de real de cada um dos pacientes e a nova situação estimada pelo sistema bayesiano. Para os pacientes 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 10, ou seja, em 70% dos casos, a análise bayesiana confirmou o diagnóstico utilizando apenas os dados do

formulário e das últimas fases dos Modos 1 e 2. Por essa análise parcial dos dados, os pacientes número 6 e 8 que possuem ambos diagnósticos de controle (norm) foram classificados pelo sistema como portadores de TDAH medicados (Tmed). O paciente 9 também diagnosticado como controle (norm) foi classificado pelo sistema como portador de TDAH sem medicação (TDAH).

A segunda análise bayesiana envolveu os dados coletados no formulário de auto-avaliação: o grau de gravidade (G), o grau de desatenção (D) e o grau de Hiperatividade (H), e os dados de diagnóstico (incluindo as três possíveis situações do participante (controle, TDAH e TDAH medicado). O objetivo nessa análise era verificar o impacto dos dados do formulário de auto-avaliação utilizando o sistema bayesiano. O resultado obtido pode ser observado na Figura 6.4.2.

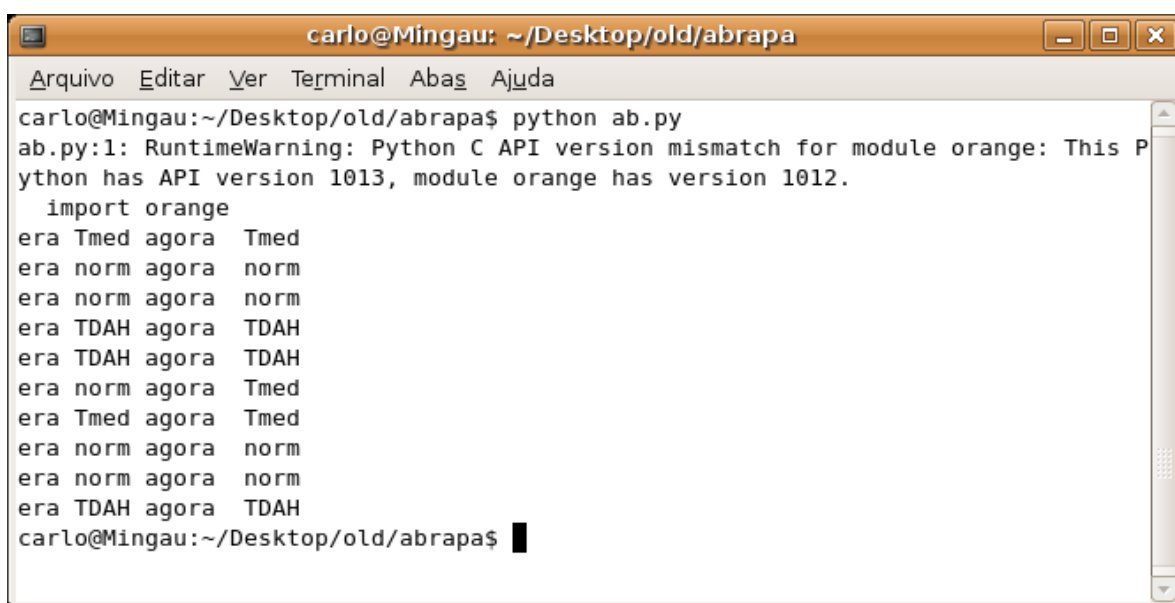


```
carlo@Mingau: ~/Desktop/old/abrapa
Arquivo Editar Ver Terminal Abas Ajuda
carlo@Mingau:~/Desktop/old/abrapa$ python ab.py
ab.py:1: RuntimeWarning: Python C API version mismatch for module orange: This Python has API version 1013, module orange has version 1012.
import orange
era Tmed agora Tmed
era norm agora TDAH
era norm agora norm
era TDAH agora TDAH
era TDAH agora TDAH
era norm agora TDAH
era Tmed agora Tmed
era norm agora norm
era norm agora norm
era norm agora norm
era TDAH agora TDAH
carlo@Mingau:~/Desktop/old/abrapa$
```

Figura 6.4.2: Análise Bayesiana utilizando somente os dados do formulário de auto-avaliação

Nessa análise é possível observar que o sistema bayesiano obteve uma taxa de acerto de 80%. O sistema classificou os participantes de número 2 e 6, ambos diagnosticados como controle (norm), como TDAH.

A terceira análise bayesiana envolveu todos os dados coletados no formulário de auto-avaliação e os dados dos escores de tempo e a pontuação das últimas fases do Modo 1 e 2. Do formulário de auto-avaliação foram utilizados os dados de diagnóstico (incluindo as três possíveis situações do participante (controle, TDAH e TDAH medicado), o grau de gravidade (G), o grau de desatenção (D) e o grau de Hiperatividade (H) e do Jogo do Supermercado foram usados os dados dos escores de tempo e a pontuação da última fase do Modo 1 (fase10) e os escores de tempo e a pontuação da última fase do Modo 2 (fase 8). O resultado obtido pode ser visualizado na Figura 6.4.3.



```
carlo@Mingau: ~/Desktop/old/abrapa
Arquivo Editar Ver Terminal Abas Ajuda
carlo@Mingau:~/Desktop/old/abrapa$ python ab.py
ab.py:1: RuntimeWarning: Python C API version mismatch for module orange: This P
ython has API version 1013, module orange has version 1012.
import orange
era Tmed agora Tmed
era norm agora norm
era norm agora norm
era TDAH agora TDAH
era TDAH agora TDAH
era norm agora Tmed
era Tmed agora Tmed
era norm agora norm
era norm agora norm
era norm agora norm
era TDAH agora TDAH
carlo@Mingau:~/Desktop/old/abrapa$
```

Figura 6.4.3: Análise Bayesiana utilizando todos os dados do form. e das últimas fases dos Modos 1 e 2

A Figura 6.3.3 mostra todos os participantes do experimento em ordem seqüencial com a situação real e a nova situação estimada pelo sistema bayesiano. O sistema obteve 90% de acerto. Somente o participante de número 6 que é tipo controle (norm) foi classificado como TDAH medicado (Tmed).

A quarta análise bayesiana envolveu todos os dados coletados, tanto no formulário de auto-avaliação como no Jogo do Supermercado. Do formulário de auto-avaliação foram utilizados os dados de diagnóstico (incluindo as três possíveis situações do participante (controle, TDAH e TDAH medicado), o grau de gravidade (G), o grau de desatenção (D) e o grau de Hiperatividade (H). Do Jogo do Supermercado foram utilizados os escores de tempo e as pontuações de todas as fases dos Modos 1 e 2. O resultado obtido pode ser visualizado na Figura 6.4.4.



```
carlo@Mingau: ~/Desktop/old/abrapa
Arquivo  Editar  Ver  Terminal  Abas  Ajuda
carlo@Mingau:~/Desktop/old/abrapa$ python ab.py
ab.py:1: RuntimeWarning: Python C API version mismatch for module orange: This Python has API version 1013, module orange has version 1012.
  import orange
era Tmed agora Tmed
era norm agora norm
era norm agora norm
era TDAH agora TDAH
era TDAH agora TDAH
era norm agora norm
era Tmed agora Tmed
era norm agora norm
era norm agora norm
era norm agora norm
era TDAH agora TDAH
carlo@Mingau:~/Desktop/old/abrapa$
```

Figura 6.3.4: Análise Bayesiana utilizando todos os dados do experimento.

A Figura 6.4.4 mostra o resultado da análise bayesiana com todos os dados coletados em ambas as etapas do experimento, ou seja, no formulário e em todas as fases dos Modos 1 e 2 do Jogo do Supermercado. Essa análise confirmou os diagnósticos de todos os participantes, ou seja, teve uma taxa de acerto de 100%.

A última análise bayesiana realizada envolveu os dados de diagnóstico incluindo as três possíveis situações do participante (controle, TDAH e TDAH medicado) e todos os dados obtidos no Jogo do Supermercado, ou seja, os escores de tempo e pontuação em todas as fases dos Modos 1 e 2. O resultado obtido pode ser observado na Fig 6.4.5.

```

carlo@Mingau: ~/Desktop/old/abrapa
Arquivo  Editar  Ver  Terminal  Abas  Ajuda
carlo@Mingau:~/Desktop/old/abrapa$ python ab.py
ab.py:1: RuntimeWarning: Python C API version mismatch for module orange: This Python has API version 1013, module orange has version 1012.
  import orange
era Tmed agora Tmed
era norm agora norm
era norm agora norm
era TDAH agora TDAH
era TDAH agora TDAH
era norm agora norm
era Tmed agora Tmed
era norm agora norm
era norm agora norm
era norm agora norm
era TDAH agora TDAH
carlo@Mingau:~/Desktop/old/abrapa$ █

```

Figura 6.4.5: Análise bayesiana utilizando apenas os dados do Jogo do Supermercado.

Nessa avaliação, utilizando apenas os dados do Jogo do Supermercado, o sistema bayesiano obteve uma taxa de acerto de 100%, confirmando o diagnóstico de todos os participantes do experimento. Esse resultado é extremamente significativo, pois confirma a possibilidade de fazer Captura Cognitiva utilizando apenas os dados do jogo do Supermercado e a eficiência de um mecanismo de análise inteligente, no caso as Redes Bayesianas.

As avaliações e os resultados obtidos nas cinco análises bayesianas, utilizando diferentes grupos de dados, podem ser sintetizados na Tabela 6.4.1.

Tabela 6.4.1 – Tipos de dados utilizados e resultados obtidos na análise bayesiana

No. Análise	Dados utilizados	Taxa de Acerto
1	Dados da última fase do Modo 1 e 2	70%
2	Dados do formulário de auto-avaliação	80%
3	Dados do formulário de auto-avaliação e dados da última fase do Modo 1 e 2	90%
4	Dados do formulário de auto-avaliação e todos dados de todas as fases do Jogo do Supermercado nos Modos 1 e 2	100%
5	Dados de todas as fases do Jogo do Supermercado nos Modos 1 e 2	100%

Na Tabela 6.4.1 podem ser resumidos os resultados obtidos em todas as análises bayesianas. A primeira coluna especifica a seqüência em que foram realizados os testes. A segunda coluna refere-se ao grupo de dados utilizados e a terceira coluna, denominada Taxa de Acerto, indica a taxa de confirmação de diagnóstico dos participantes obtida em cada uma das análises bayesianas utilizando diferentes grupos de dados. Os resultados obtidos nas análises bayesianas, mostrados na Tabela 6.4.1, foram calculados usando um modelo bayesiano ingênuo onde foram atribuídas igual probabilidade a todas as variáveis.

É possível observar, através da Tabela 6.4.1, que mesmo utilizando uma pequena parte dos dados obtidos no experimento, como no caso da análise número 1, onde foram analisados somente os dados de tempo e pontos da última fase dos Modos 1 e 2, o sistema bayesiano já obtém uma confirmação de diagnóstico de 70%. À medida que mais dados são acrescentados à análise, o que acontece nas análises 2, 3 e 4, a taxa de confirmação de diagnóstico cresce gradativamente.

É interessante observar os resultados obtidos nas análises números 4 e 5, pois ambas conseguem uma taxa de acerto de 100%. A análise número 4 utilizou todos os dados obtidos no experimento, ou seja, incluiu todos os dados do formulário de auto-avaliação e todos os dados obtidos com o Jogo do Supermercado.

Na análise número 5 foi obtido o resultado mais importante, pois foi utilizado somente os dados obtidos através do Jogo do Supermercado, não incluindo os dados do formulário de auto-avaliação, conseguindo uma taxa de acerto de 100%. Esse resultado foi considerado o mais significativo, pois comprova a nossa hipótese de pesquisa de que é possível extrair comportamentos capazes de auxiliar na confirmação de diagnóstico de TDAH através da utilização dos dados de tempo e pontuação obtidos através do Jogo do supermercado utilizando técnicas inteligentes de análise propostas no trabalho.

7. Conclusão e Trabalhos Futuros

A complexidade de se fazer avaliação cognitiva e a falta de um teste computacional capaz de auxiliar no diagnóstico do Transtorno de Déficit de Atenção/Hiperatividade (TDAH) motivou essa pesquisa de doutorado.

O objetivo principal foi investigar a possibilidade utilizar jogos computacionais especialmente concebidos para fins neuropsicológicos para de realizar **Captura Cognitiva**, testando diferentes técnicas para fazer a análise dos dados obtidos. Ao longo do trabalho de pesquisa, algumas etapas foram fundamentais:

- O estudo das principais funções e disfunções executivas, suas características e formas de avaliação;
- A escolha de uma neuropatologia fortemente associada à disfunção executiva, no caso, o Transtorno do Déficit de Atenção – TDAH para implementar um jogo capaz de auxiliar na avaliação cognitiva;
- O estudo de diferentes técnicas computacionais para desenvolvimento de jogos capazes de realizar captura cognitiva;
- O estudo de técnicas de inteligência artificial como a lógica *fuzzy*, redes neurais e redes bayesianas, capazes realizar análise inteligente;
- A especificação e a implementação de um jogo computacional capaz de auxiliar na avaliação cognitiva de portadores de TDAH;
- A realização de um experimento utilizando pessoais normais (grupo de controle) e portadores de TDAH adultos previamente diagnosticados para verificação do grau de acurácia do jogo, verificando a possibilidade da utilização do jogo como uma ferramenta de auxílio no diagnóstico de TDAH.

Como fruto deste esforço de pesquisa foi criado um jogo computacional denominado **Jogo do Supermercado**, através do qual foi possível realizar um experimento com um grupo de voluntários adultos portadores e não portadores de TDAH.

Após realizado o experimento, utilizando como instrumentos de pesquisa o Jogo do Supermercado e um formulário de auto-avaliação, foram realizadas 4 diferentes tipos de análises com os dados coletados: análise preliminar, análise estatística, análise neurofuzzy e análise bayesiana.

Na análise preliminar foram realizadas várias classificações utilizando a situação dos participantes e seus escores de pontuação e tempo obtidos no experimento através do teste utilizando o Jogo do Supermercado. Através da análise preliminar dos dados foi possível observar que considerando a pontuação, tanto no Modo 1 (que avalia prioritariamente a capacidade de planejamento) como no Modo 2 (que avalia prioritariamente a capacidade de execução), a maioria dos portadores de TDAH sem medicação ficaram na faixa de menor pontuação, os participantes não portadores ficaram na faixa intermediária e que os portadores de TDAH medicados ficaram na faixa de maior pontuação. Com relação a variável tempo, considerando ambos os modos, só foi possível observar que os portadores de TDAH não medicados ficaram na faixa intermediária de tempo. Esses resultados obtidos na análise preliminar sugerem que a variável pontuação obtida no Jogo do Supermercado tanto no Modo 1, como no Modo 2, possui um grande potencial para ser utilizada para gerar um escore bruto de classificação para possíveis diagnósticos do Transtorno do Déficit de Atenção/Hiperatividade e que mesmo a variável tempo não apresentando resultados tão cristalinos como a variável pontuação na análise preliminar, isso não a desqualifica para sua utilização no jogo.

Na análise estatística foram realizados dois testes não paramétricos: o teste de *Mann-Whitney* e *Kruskal-Wallis*, ambos levando em consideração a situação dos participantes e os escores de tempo e pontuação. Apesar de normalmente um estudo estatístico necessitar de um desenho de experimental mais bem definido e uma amostra maior, os resultados obtidos na análise estatística com os dados obtidos no experimento do Jogo do Supermercado apontam para a relevância da variável pontuação obtida na última fase do Modo 2, que avalia prioritariamente a capacidade de Execução. Esse resultado confirma parcialmente a análise preliminar com relação à relevância da variável pontuação e mostra a possibilidade de utilização de análise estatística mesmo com uma amostra pequena.

Na análise neurofuzzy foi utilizado o modelo híbrido ANFIS para fazer uma análise exaustiva onde foram considerados os dados de gravidade oriundos dos formulários de auto-avaliação e os escores de tempo e pontuação de todas as fases em ambos os modos de todos os participantes.

A primeira testagem verificou a convergência do grau de gravidade de cada um dos participantes do experimento utilizando os escores de tempo e pontuação em todas as fases do Modo 1 no Jogo do Supermercado. Os resultados obtidos nessa primeira análise mostraram uma maior relevância das últimas fases (9 e 10) na convergência da gravidade de cada um dos participantes. Para confirmar esse resultado foi elaborado outro tipo de análise neurofuzzy, considerando os escores de ponto e tempo de cada participante fase a fase. Nessa nova análise, foi comparada os valores de G calculados pelo sistema neurofuzzy utilizando os escores de tempo e pontuação no Modo 1 e os valores G extraídos do formulário de auto-avaliação para todos os participantes para cada uma das fases. Nessa nova avaliação foi confirmada a relevância das duas últimas fases.

As mesmas análises foram realizadas também para o Modo 2 – Execução, ou seja, foram avaliados numa primeira etapa o grau de convergência do sistema ANFIS para cada um dos participantes e em seguida, verificado fase a fase a relevância dessas fases na confirmação do grau de gravidade calculado pelo o sistema e o valor obtido do formulário de auto-avaliação. Os resultados obtidos em ambas as análises, considerando todas as 8 fases do Modo 2 – Execução, apontaram para uma maior relevância das últimas fases (7 e 8) no Modo 2 do Jogo.

Os resultados obtidos na análise neurofuzzy ampliam os resultados obtidos nas análises anteriores mostrando a relevância das duas últimas fases em ambos os modos do Jogo do Supermercado na avaliação cognitiva de portadores e não portadores de TDAH.

A última **análise** realizada utilizou **Redes Bayesianas**. Foram realizadas diversas avaliações com diferentes conjuntos de dados para verificação da relevância dos dados na confirmação do diagnóstico TDAH.

É possível observar na Tabela 6.4.1, mostrada na Seção 6.4.1 do Capítulo 6, que os resultados obtidos na análise bayesiana foram muito significativos. Foram conseguidas taxas de confirmação do diagnóstico dos participantes portadores e não portadores de TDAH que variaram de 70% à 100%, dependendo do grupo de dados testados através da utilização de Redes Bayesianas.

Na análise número 1 foram utilizados os dados dos escores de tempo e pontuação das fases 10 do Modo de Planejamento e os escores de tempo e pontuação da fase 8 do

Modo de Execução obtidos no Jogo do Supermercado. Com esses dados foi conseguido pelo sistema bayesiano um resultado semelhante ao obtido na análise neurofuzzy.

Na análise número 2 foram utilizados somente os dados oriundos do formulário de auto-avaliação, ou seja, a gravidade (G), o grau de comprometimento da atenção (D) e o grau de hiperatividade (H) e foi obtido uma confirmação do diagnóstico de TDAH com 80% de acerto. É possível observar, ainda na Tabela 7.1, que o percentual de confirmação do diagnóstico de TDAH subiu para 90% quando foi realizada uma nova análise bayesiana acrescentando aos dados do formulário de auto-avaliação os dados obtidos de tempo e pontuação obtidos nas fases 10 do Modo 1 e na fase 8 do Modo 2 do Jogo do supermercado. Na análise seguinte (análise número 4) utilizados todos os dados do formulário de auto-avaliação e todos os dados de tempo e pontuação de todas as fases de ambos os modos do Jogo do Supermercado. Com a utilização de todos os dados obtidos, utilizando o sistema bayesiano, foi observado um grau de acerto do diagnóstico de TDAH de 100%. Na última análise, foram retirados os dados obtidos no formulário de auto-avaliação e utilizado apenas os dados de tempo e pontuação oriundos de todas as fases de ambos os modos obtidos no Jogo do Supermercado. Esse resultado, em especial, confirma a hipótese proposta nesse trabalho de que é possível fazer captura cognitiva e auxiliar na avaliação cognitiva de portadores e não portadores de TDAH utilizando jogos computacionais associados à utilização de técnicas de inteligência artificial.

Algumas tarefas, não puderam ser realizadas dentro do escopo dessa pesquisa, mas devem ser consideradas para trabalhos futuros tais como:

- ampliar os estudos de técnicas inteligentes para incluir predição do diagnóstico;
- ampliar o número de participantes do experimento;
- implementar uma versão para Internet do Jogo do Supermercado.

Foi possível perceber que a pesquisa, o desenvolvimento e a utilização de jogos computacionais para fins neuropsicológicos envolvem algumas dificuldades tais como:

- a falta de um método específico para desenvolvimento de jogos para essa finalidade;
- a necessidade do envolvimento de uma equipe multidisciplinar;
- encontrar um grande número de indivíduos diagnosticados para compor os grupos de testagem.

Apesar destas dificuldades encontradas ao longo do trabalho, os resultados experimentais obtidos nessa de pesquisa de doutorado comprovam o imenso potencial da utilização de jogos computacionais e técnicas inteligentes aplicados à área de Neuropsicologia, podendo realizar captura cognitiva e auxiliar na avaliação cognitiva de portadores de neuropatogias como o TDAH.

A execução desse trabalho só foi possível graças à imensa contribuição, em diferentes etapas do projeto, de um grupo interdisciplinar composto por alunos de graduação de informática da UNIRIO e UFRJ, de alunos de mestrado do IM-NCE/UFRJ, alunos de doutorado da COPPE-UFRJ, à orientação e colaboração de pesquisadores da área de Computação e Inteligência Artificial do IM-NCE e COPPE-UFRJ, de especialistas em desenvolvimento de jogos da PUC-Rio, de psicólogos e neuropsicólogos do CNA, de uma estatística da FIO-CRUZ e principalmente a contribuição inestimável de um doutor em Psiquiatria do IPUB-UFRJ.

8. Referências Bibliográficas

ABREU, Sueli. **Construindo um espaço: ambiente computacional para aplicação no processo de avaliação psicopedagógica**. 2004. Dissertação (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.

ACHENBACH, T. M. ; McCONAUGHY, S. H. ; HOWELL, C. T. Child/adolescent behavioral and emotional problems: implications of cross-informant correlations for situational specificity. **Psychological Bulletin**, Washington, v. 101, n. 2, p.213-232, Mar. 1987.

ALMEIDA FILHO, N. **A Clínica e a epidemiologia**. Salvador: APCE/Abrasco, 1992.

ANDRADE, L. C. V. et al. An adaptive computer game with a fuzzy decision system for ADHD diagnosis. In: MEXICAN INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 5., pp. 359-368, 2006, Apizaco. **Proceedings ...** Apizaco: IEEE, 2006. MICAI 2006

_____. The Supermarket game: an adaptive intelligent computer game for dysexecutives syndrome diagnosis. In: INTERNATIONAL DIGITAL GAMES CONFERENCE (iDiG) IN GAMES 2006. 2006, Portalegre. **Proceedings...** Potalegre: APROJE, 2006.

_____. Jogos inteligentes adaptativos aplicados à neuropsicologia cognitiva. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 16., 2005, Juiz de Fora. **Anais...**Juiz de Fora: UFJF 2005.

_____. Mapa do zoológico - captura cognitiva para disfunção executiva. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 15., 2004, Manaus. **Anais...** Manaus: UFAM, 2004. V. I, p. 505 - 512.

_____. Pesquisando e desenvolvendo jogos computacionais para fins cognitivos. In: CONGRESSO ESTADUAL DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 8., 2004, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UERJ, 2004. p. 36-37. Relato de Experiência Disponível em: <http://www2.uerj.br/~edai/coinfe/anais.htm> Acesso em: 23 maio 2005

_____. Desenvolvendo jogos computacionais para área de neuropsicologia In: WORKSHOP BRASILEIRO DE ARTES E DESIGN EM JOGOS DE COMPUTADOR E ENTRETENIMENTO DIGITAL – GAMEART, 1., 2004, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: UFPR, 2004. Workshop realizado no Simpósio Brasileiro de Jogos para Computador e Entretenimento Digital - SBgames 2004.

_____. Jogo do mapa do zoológico: aplicação neuropsicológica com captura cognitiva para auxiliar no diagnóstico de disfunção executiva. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE JOGOS E ENTRETENIMENTO DIGITAL, 3., 2004, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: UFPR, 2004. ,Poster. Wprkshop realizado no Simpósio Brasileiro de Jogos para Computador e Entretenimento Digital - SBgames 2004

_____. Jogos inteligentes são educacionais? In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO. 14., 2003, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBC, 2003. p. 699-707.

BARBOSA, G. A. ; GAIÃO, A. A. **Apontamentos em psicopatologia infantil**. João Pessoa, Idéia Editora, 2001. .152 p.

_____. ; _____ Um Estudo exploratório do fator hiperatividade do questionário de Conners. **Revista de Neurobiologia.**, Recife, v. 60, n.3, p.91-106, jul./set., 1997.

_____. ; GOUVEIA, V. V. O Fator hiperatividade do questionário de Conners: validade conceitual e normas diagnósticas. **Temas – Teoria e prática do psiquiatra**, v.23, n.46, p. 188-2002, 1993.

BARR A; FEIGENBAUM E.A. **The Handbook of Artificial Intelligence**, volume I-II., Los Altos, California, Willian Kaufmann Inc.,1981.

BHATNAGAR, R. K.; KANAL, L. N. Handling Uncertain Information: A Review of Numeric and Non-numeric Methods In: KANAL, L.N.; LEMMER, J.F. (Editors). **Uncertainty in Artificial Intelligence**. Amsterdam: Elsevier Science, 1986.

BRITO, G. N. O. The Conners abbreviated teacher rating scale: development of norms in Brazil. **Journal of Abnormal Child Psychology**, Amsterdam, v.15, n. 4 p.511-518, Dec. 1987.

CARVALHO, L. A. V. **Datamind – a mineração de dados no marketing, medicina, economia, engenharia e administração**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2005.

CASTANHO, M. J. P. **Sistema neurofuzzy para prognóstico de câncer de próstata**. Biomatemática. Campinas, v.17 p. 1-20 ,2007.

COHEN, M. J. ; RICCIO, C. A. ; GONZALEZ, J. J. Methodologic differences in the diagnosis of attention-deficit hyperactivity disorder: impact on prevalence. **Journal of Emotional and Behavioral Disorders**. Austin, v. 2, n. 1, p. 31-38, Jan. 1994.

CONNERS, C. K. **Conner'sRating – Rev. Sacles-Revised: Technical Manual**. North Tonawanda: Multi-Health Systems, 1997.

COSTA, R. M. E. M. - **Ambientes virtuais na reabilitação cognitiva de pacientes neurológicos e psiquiátricos**. 2000. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2000.

CRUZ, A. J. O. ; DEMASI, P. ; LIMA, C. Jogos Educativos Inteligentes: Ferramentas de Suporte. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO,14., 2003 Rio de Janeiro. **Mini-cursos...** Rio de Janeiro: SBC, 2003.

DEMASI, Pedro. **Estratégias adaptativas e evolutivas em tempo real para jogos eletrônicos**. 2003. Dissertação (Mestrado em Informática) Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

DOMINGOS, L. I. - **Ambiente virtual 3D no apoio ao diagnóstico de TDAH**. 2007. Dissertação (Mestrado em Informática) Instituto de Matemática, Núcleo de Computação Eletrônica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

DSM-III-R. **Manual de diagnóstico e estatística de distúrbios mentais**. São Paulo: Manole, 1989. Trad. da edição da APA. Diagnostic and Statical Manual of Mental Disorders, 3 ed. rev, 1987.

DSM-IV. **Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1995. Trad. da edição da APA. Diagnostic and Statical Manual of Mental Disorders, 4 ed., 1994.

DUBOIS, D. ; PRADE, H. **Fuzzy sets and systems: theory and applications**. Orlando: Academic Press, 1980.

GOLDBERG, E. **O Cérebro executivo: lobos frontais e a mente civilizada**. Rio de Janeiro: Imago, 2001.

GRUNSPUN, H. **Distúrbios neuróticos da criança: psicopatologia e psicodinâmica**. 5 ed, São Paulo: Atheneu, 2003.

GRUNSPUN, H. **Crianças e adolescentes com transtornos psicológicos e do desenvolvimento**. São Paulo: Atheneu, 1999.

_____. **Distúrbios psiquiátricos da criança**. São Paulo: Fundo Editorial Prociex, 1961.

_____. **Distúrbios neuróticos da criança**. São Paulo: Fundo Editorial Prociex, 1965.

JANG, J. S. R. ; SUN, C. T. ; MIZUTANI, E. **Neurofuzzy and soft computing: a computacional approach to learning and machine intelligence**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1997.

KESSLER, R. et al. The World Health Organization Adult ADHD Self-Report Scale (ASRS): a short screening scale for use in the general population. **Psychological Medicine**, Cambridge, v. 35, n.2; p. 245-256, Feb. 2005.

KOSKO, B. ; KONG, S. Comparison of fuzzy and neural truck backer-upper control systems. In: _____. **Neural networks and fuzzy systems: a dynamical systems approach to machine intelligence**: Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1992. 224p.

_____. **Fuzzy engineering**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1997.

KURZWEIL, R. **The age of Intelligent Machines**. Cambridge, Massachusetts, MIT Press, 1990.

LAUFER, M.; DENHOFF, E. Hyperkinetic behavior syndrome in children, **Journal of Pediatrics**, v. 50, pp. 463-474, 1957.

LENT, R. **Cem Bilhões de Neurônios: conceitos fundamentais de neurociências**. São Paulo, Editora Atheneu, 2001.

LEZAK, M. D. **Neuropsychological Assessment**. 3.ed. Oxford: Oxford University Press. 1995.

LUGER, G.F; STUBBLEFIELD, W.A. **Artificial Intelligence: Structures and Strategies for Complex Problem Solving**. Second edition, Redwood City, California, Benjamin/Cummings, 1993.

MAMDANI, E. Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis. **IEEE Transactions on Computers**, Hoes Lane, v. C-26, n. 12, p. 1182-1191, Dec. 1977.

MARQUES, R. L. ; DUTRA, I. **Redes Bayesianas: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações.** Disponível em: www.cos.ufrj.br/~ines/courses/cos740/leila/cos740/Bayesianas.pdf acesso em 13 out. 2007.

MATTOS, P. et al. Adaptação transcultural para o português da escala *Adult Self-Report Scale* para avaliação do transtorno de déficit de atenção/hiperatividade (TDAH) em adultos. **Revista de Psiquiatria Clínica.** São Paulo, v. 33, n. 4, p. 188-194, jul./ago., 2006.

McCLURE, F. O.; GORDON, M. Performance of disturbed hyperactive and nonhyperactive children on an objective measure of hyperactivity. **Journal of Abnormal Child Psychology**, v. 12, n. 4, p. 561-572, Dec. 1984.

McGOUGH, J. J.; BARKLEY, R. A. Diagnostic controversies in adult attention deficit hyperactivity disorder. **American Journal of Psychiatry** Washington, D.C., v. 161; n. 11, p. 1948-1956, Nov. 2004.

MEDRONHO, R. A. **Epidemiologia.** São Paulo: Atheneu, 2004.

MINISTÉRIO DA CULTURA. **Regulamento do concurso de jogos eletrônicos brasileiro.** Disponível em: <http://www.jogosbr.org.br/> Acesso em: 22 maio 2006.

MORATORI, P. B. et al. Análise de Estabilidade e Robustez de um Sistema de Controle Fuzzy Otimizado desenvolvido para guiar um robô simulado. In: SEMINÁRIO INTEGRADO DE SOFTWARE E HARDWARE, 32., 2005, São Leopoldo. **Anais ...**São Leopoldo: SBC, 2005,

_____. Analysis of the stability of a Fuzzy Control System developed to control a simulated robot. In: 2005 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS.2005, Reno. **Proceedings ...** Reno, 2005

_____. Comparing sensitivity and robustness of fuzzy and neurofuzzy controllers. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON HYBRID INTELLIGENT SYSTEMS. 5., 2005, Rio de Janeiro. **Proceedings ...** Rio de Janeiro: PUC, 2005. HIS2005.

_____. Analysis of the performance of a fuzzy controller developed to guide a simulated robot. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTATIONAL CYBERNETICS. 3., 2005. Mauritius. **Proceedings ...** Mauritius: IEEE, 2005. ICC2005.

_____. Analysis of the performance of different fuzzy system controllers. In: MEXICAN INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE. 4., 2005, Monterrey. **Proceedings ...** Monterrey: Springer, 2005. MICAI2005. Também: Lecture Notes in Computer Science, v. 3789. p. 1113-1123.

NGUYEN, D. ; WIDROW, B. The Truck backer-upper: an example of self-learning in

neural networks, In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON NEURAL NETWORKS. 1989. Washington, D.C. **Proceedings ...** Washington: IEEE, 1989. v. 2, p. 357-363.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE – **CID-10. Classificação de transtornos mentais e de comportamento: descrições clínicas e diretrizes diagnósticas.** Porto Alegre: Artmed, 1993.

PEARL, J. **Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference.** Morgan Kaufmann Publishers, Inc., 1988.

PINHEIRO, Eloísa Mota Saboya. **Relações entre processos cognitivos nas funções executivas – um estudo neuropsicológico.** 1999. Dissertação (Mestrado em Psicologia) - Instituto de Psicologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

PESSETE, R. S.; VIEIRA, K. M. M. **Redes Bayesianas no diagnóstico médico.** Disponível em: http://www.Inf.ufsc.br/~barreto/trabaluno/IA_Kleber_Renato_RB.pdf Acesso em: 13 out. 2007.

RAYMOND, E. S. **Bogofilter.** Disponível em <<http://bogofilter.sourceforge.net>>. Acesso em: 10 out, 2003.

ROHDE, L. A. ; MATTOS, P. **Princípios e práticas em TDAH.** Porto Alegre: Artmed, 2003.

SAHEKI, André Hideaki. **Construção de uma rede bayesiana aplicada ao diagnóstico de doenças cardíacas.** 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3132/tde-06042005-203820/> Acesso em: 3 out. 2007.

SCHALKOFF, R.J. **Artificial Intelligence: An Engineering Approach.** New York, McGraw-Hill, 1990.

SHEEHAN, D. V. *et al.* The Mini-international neuropsychiatric interview (M.I.N.I.): the development and validation of a structured diagnostic psychiatric interview for DSM-IV and ICD-10. **The Journal of Clinical Psychiatry**, v.59, n.20, p. 22-23, suppl.,1998.

STILL, G. F. **Some abnormal psychological conditions in children.** *Lancet*, 1, pp. 1008-12, 1902.

WEISS, G.; HECHTMAN, L.; MILROY, T.; PERLMAN, T. Psychiatric status of hyperactive as adults: A controlled prospective 15-year follow up study of 63 hyperactive children. **Journal of the American Academy of Child Psychiatry**, v. 24, pp. 211-220, 1985.

YEN, J. ; LANGARI, R. **Fuzzy logic: intelligence, control and information.** Englewood Cliffs: Prentice Hall,1999.