

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LUÍS GUSTAVO SOUSA LINHARES

TESTE NEUROPSICOLÓGICO: motivação para informatização

São Luís
2019

LUÍS GUSTAVO SOUSA LINHARES

TESTE NEUROPSICOLÓGICO: motivação para informatização

Monografia apresentada ao curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Ivo José da Cunha Serra

São Luís

2019

LUÍS GUSTAVO SOUSA LINHARES

TESTE NEUROPSICOLÓGICO: motivação para informatização

Monografia apresentada ao curso de Ciência da Computação da Universidade Federal do Maranhão, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador: Prof. Dr. Ivo José da Cunha Serra

Aprovado em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ivo José da Cunha Serra (Orientador)
Doutor em Engenharia de Eletricidade
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Carlos Eduardo Portela Serra de Castro
Mestre em Informática
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Tiago Bonini Borchartt
PhD em Computação
Universidade Federal do Maranhão

AGRADECIMENTOS

Inicialmente, agradeço a Deus, por todas as bênçãos conquistadas e por ter me dado forças para concluir este trabalho.

Aos meus amados pais, José Ribamar Linhares e Teodora, minha irmã, Ana Letícia, minha base familiar, pelo amor, carinho, dedicação e apoio. Por terem me proporcionado sem medir esforços essa conquista, e principalmente por terem acreditado em meu potencial.

A minha namorada Laurena, pela força, carinho e sempre ao meu lado oferecendo o apoio, tanto em momentos bons quanto ruins.

Ao meu orientador, professor Ivo que me orientou na elaboração deste trabalho, sempre com disponibilidade, paciência e atenção.

A todos os familiares e aos amigos próximos, que me ajudaram de forma direta e indireta na concretização deste trabalho.

"O amor de Deus é a essência da vida"

RESUMO

Muitas áreas se beneficiam com o uso da tecnologia computacional por proporcionar uma melhor precisão, velocidade, padronização, coleta refinada de dados, economia e outras vantagens. Na área da avaliação neuropsicológica, a importância dessa tecnologia tem se manifestado principalmente na construção e utilização de testes informatizados. Este trabalho discute e motiva a informatização de testes neuropsicológicos, apresentando uma noção a avaliação neuropsicológica, seu objetivo, sua importância na área da saúde e exemplos de testes. Posteriormente discute a informatização dos testes, comentando o contexto histórico dessa relação, as vantagens e desvantagens. Em seguida é ilustrado uma implementação de um teste, afim de apresentar as melhorias alcançadas e os desafios encontrados para a usabilidade clínica.

Palavras-chaves: Informatização de testes neuropsicológicos, Tecnologia computacional, Aprendizado de máquina.

ABSTRACT

Many areas benefit from using computer technology to provide better accuracy, speed, standardization, refined data collection, economy, and other benefits. In the area of neuropsychological assessment, the importance of this technology has been manifested mainly in the construction and use of computerized tests. This paper discusses and motivates the computerization of neuropsychological tests, presenting a notion of neuropsychological evaluation, its objective, its importance in the health area and examples of tests. Subsequently discusses the computerization of the tests, commenting on the historical context of this relationship, the advantages and disadvantages. Next, an implementation of a test is illustrated, in order to present the improvements achieved and the challenges encountered for clinical usability.

Keywords: Computerization of neuropsychological tests, Computational technology, Machine learning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Manual do teste de Atenção Concentrada D2.....	18
Figura 2 - Exemplo do teste do desenho do relógio	20
Figura 3 - DP-201 da Anoto	30
Figura 4 - Ilustração de desenhos de relógios	32
Figura 5 - Captura de tela do sistema TDRD	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontuação do teste do desenho do relógio	21
Tabela 2 - Subtestes que compõem a CMS.....	22
Tabela 3 - Vantagens e limitações dos testes informatizados.....	29
Tabela 4 - Resultados da classificação para a tarefa de triagem: distinguindo grupo clínico de pacientes saudáveis	34
Tabela 5 - Resultados de classificação para a tarefa de diagnóstico: distinguir um grupo de comprometimento cognitivo de todos os outros diagnósticos	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AO	Amplitude de oscilação e distribuição de erros
CART	<i>Classification and Regression Trees</i>
CMS	<i>Children`s Memory Scale</i>
E%	Porcentagem de erros
RB	Resultado bruto (número total de sinais examinados)
RL	Resultado líquido: corresponde ao total de acertos
SVM	<i>Support Vector Machine</i>
TE	Total de erros
TDR	Teste do desenho do relógio
TDRD	Teste do desenho do relógio digital

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Motivação	12
1.2	Objetivo do Trabalho	12
1.3	Organização do Trabalho	12
2	AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA	14
2.1	Caracterização	14
2.2	Etapas da avaliação neuropsicológica	16
2.3	Testes neuropsicológicos	17
2.3.1	Teste de Atenção Concentrada D2	17
2.3.2	Teste do desenho do relógio (TDR)	20
2.3.3	Teste <i>Children's Memory Scale</i> (CMS)	21
3	INFORMATIZAÇÃO DE TESTES NEUROPSICOLÓGICOS	26
3.1	Contexto histórico	26
3.2	Classificação, vantagens e limitações	27
3.4	Implementação de teste neuropsicológico	30
4	CONCLUSÃO	36
	REFERÊNCIAS	38

1 INTRODUÇÃO

Na década de 1970, foram introduzidos em maior escala os computadores pessoais. Entretanto, os profissionais de saúde mental demoraram algum tempo para reconhecerem as aplicações potenciais e os benefícios desta tecnologia. Anos se passaram e com o avanço tecnológico, não se tem dúvidas que estamos vivendo uma transformação social à medida que os computadores e a tecnologia ocupam cada vez mais um papel fundamental e central em nosso trabalho e também em nossa vida.

Segundo Oliveira (2016), a neuropsicologia é a ciência que observa a relação entre o cérebro e os comportamentos. Busca entender como que os neurotransmissores, as sinapses e os neurônios influenciam a forma como as pessoas pensam, agem e se emocionam. A avaliação neuropsicológica é uma área da neuropsicologia focada em investigar o funcionamento das funções cognitivas (memória, atenção, linguagem, raciocínio, etc.). A investigação é tradicionalmente feita com entrevista e testes específicos. Com importante implicação prática, todas as ações da neuropsicologia clínica estão relacionadas com a realização de avaliações neuropsicológicas completas de pacientes adultos e infantis. Fundamental para o diagnóstico, a avaliação possibilita a elaboração de um plano de tratamento baseado em evidências, o estabelecimento de prognósticos e a realização da reabilitação neurológica individual.

A informatização das avaliações neuropsicológica possui inúmeras vantagens, como uso de estímulos tridimensionais, a rapidez, os formatos interativos, o controle rigoroso do tempo de reação e da apresentação dos estímulos e ocupam pouco espaço físico (AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION, 1986).

Pasquali (2003) acrescenta quando diz que os testes informatizados apresentam melhor as etapas e regras do teste, pois oferece uma maior qualidade do material, maior clareza, repetição sem exaustão, alteração das cores, fornece intervalos imediatos de tempo e de níveis de estímulo. No que diz respeito à motivação, Pasquali (2003) comenta que as pessoas ficam fascinadas ao interagir com o computador, principalmente por ter uma maior liberdade durante a aplicação: o computador não se irrita, não se cansa, acompanha o ritmo da pessoa.

1.1 Motivação

Este trabalho é motivado a mostrar que a utilização da tecnologia computacional contribui no alcance de melhores resultados em diversas áreas, onde nesse trabalho tratamos dos testes neuropsicológico, uma área muito abrangente da psicologia. E também, tem a motivação de disponibilizar esta discussão para que sirva de referencial para futuros trabalhos na área acadêmica ou de mercado que tenham a necessidade de desenvolver implementações na área de testes neuropsicológicos.

1.2 Objetivo do Trabalho

O objetivo principal deste trabalho é realizar uma discussão, levando em consideração aspectos teóricos e práticos, sobre a informatização e implementação de tecnologias computacionais em testes neuropsicológicos.

Os objetivos específicos são:

- a) Fazer o estudo sobre avaliação neuropsicológica e alguns testes.
- b) Analisar as vantagens e limitações do uso da informatização de testes neuropsicológicos.
- c) Ilustrar o teste do desenho do relógio utilizando tecnologia computacional, demonstrando os benefícios e desafios encontrados.

1.3 Organização do Trabalho

Este trabalho está organizado em quatro capítulos, sendo o capítulo dois, nomeado por “Avaliação Neuropsicológica”, no qual serão apresentados o conceito, tipos e etapas da avaliação neuropsicológica, três testes, o Teste de Atenção Concentrada D2, Teste do desenho do relógio e o Teste de *Children’s Memory Scale*. Estes conceitos e testes são essenciais para a compreensão da discussão proposta no capítulo posterior.

Em seguida, no capítulo três, nomeado por “Informatização de Testes Neuropsicológicos”, será apresentado uma discussão sobre a informatização de testes neuropsicológicos, explanando classificação de critérios, dificuldade, limitações e vantagens da mesma. Por fim, será apresentado um teste que utiliza

tecnologia computacional, afim de ilustrar e discutir a contribuição da computação na melhoria dos resultados do teste.

Finalmente, no capítulo quatro, serão feitas conclusões a respeito deste estudo, algumas das suas limitações e a apresentação dos benefícios e vantagens encontradas.

2 AVALIAÇÃO NEUROPSICOLÓGICA

Neste capítulo iremos discorrer sobre a avaliação neuropsicológica. Demonstrando seu conceito, objetivos, tipos, etapas, a sua contribuição no diagnóstico de doenças ou déficit neurológicos e a sua grande importância no âmbito da saúde pública. A fim de contribuir para a compreensão da discussão proposta no capítulo posterior.

2.1 Caracterização

Segundo Fuentes *et al.* (2008), a avaliação neuropsicológica ou avaliação cognitiva é um método diagnóstico desenvolvido com o objetivo de investigar as funções cognitivas e atividade motora fina dos pacientes, buscando elucidar os distúrbios de atenção, memória e senso percepção, além de alterações cognitivas específicas como abstração, capacidade de raciocínio, cálculo e planejamento, bem como seus diagnósticos diferenciais.

Esta avaliação é realizada por psicólogos e neurologistas treinados na avaliação das “funções nervosas superiores” e utiliza de testes neurológicos e psicológicos específicos, padronizados e validados, sendo realizados em etapas sucessivas, baseados em dados comparativos, segundo o esperado para cada perfil, nível socioeconômico e escolaridade. De acordo com Fuentes *et al.* (2008), enumeraram diferentes objetivos para os quais uma avaliação neuropsicológica pode ser solicitada, a saber:

- a) Auxílio diagnóstico;
- b) Prognóstico;
- c) Orientação para o tratamento;
- d) Auxílio no planejamento de reabilitação;
- e) Seleção de pacientes para técnicas especiais como cirurgias de risco ou medicações de alto custo;
- f) Perícia.

Fuentes *et al.* (2008), também cita os seguintes objetivos da avaliação neuropsicológicas: avaliação e diagnóstico de Doença de Alzheimer, avaliação e diagnóstico diferencial das demências, transtorno de déficit de atenção/hiperatividade, atraso ou deficiência intelectual, altas habilidades e outros.

De acordo com Fuentes *et al.* (2008), assegura que as avaliações são classificadas em três tipos, avaliação cognitiva, as funções executivas e a cognição social e específica das funções visuoespaciais, que são assim descritas:

a) Avaliação cognitiva:

O objetivo principal é conhecer em profundidade como funciona a atenção, a memória, a linguagem e algumas funções chamadas de executivas, como planejamento, controle, prevenção, organização e supervisão do avaliado. Alguns testes normatizados que registram informações tanto quantitativas quanto qualitativas são realizados para obtenção desses dados. É levado em consideração não só os resultados dos testes, mas também todo o comportamento do avaliado durante a avaliação. É importante ressaltar a importância do conhecimento da parte do avaliador sobre o histórico do avaliado, através de dados que as pessoas que convivem com o avaliado podem trazer, pois facilitam na construção de um perfil neuropsicológico.

b) As funções executivas e a cognição social:

Essas avaliações examinam o controle inibitório, assim como múltiplas habilidades multitarefas e sociais. Permitem conhecer o rendimento e o nível de maturidade cognitiva.

Funções executivas referem-se à capacidade de engajamento em comportamento orientado a objetivos, realizando ações voluntárias e auto organizadas. Alterações em tais funções estão relacionadas a distúrbios como o Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade.

A cognição social é um campo da psicologia social que investiga a forma como as pessoas compreendem as outras pessoas e elas mesmas (Fiske; Taylor, 2008).

c) Específica das funções visuoespaciais:

Avaliações que testam os processos de percepção que se relacionam com áreas específicas de processamento de informação visual no córtex cerebral. As habilidades visuoespaciais são muito aplicadas e utilizadas no nosso dia a dia, pois elas nos permitem analisar, representar e manipular objetos mentalmente. Por

exemplo, encher um copo de água sem derramar, uma vez que isso exige a previsão de quantidade de líquido que caberá lá dentro e a percepção do espaço. Esses testes também evitam diagnósticos errôneos, onde se confunde as falhas nas ações com problemas visuais, mas na verdade o problema ocorre em etapas posteriores de processamento da informação.

2.2 Etapas da avaliação neuropsicológica

Em regra geral, a avaliação neuropsicológica considera três etapas:

- a) Entrevista Inicial – tem como objetivo colher o histórico clínico do avaliado, relatos de familiares próximos ou que convivem com o mesmo, para obter informações sobre o comportamento e mudanças observadas recentemente. A ideia é contextualizar o desempenho do avaliado nas suas atividades diárias.
- b) Aplicação de testes – o profissional dispõe de um conjunto de instrumentos para estudar as “funções cognitivas superiores” como memória, atenção, raciocínio lógico, fluência verbal, velocidade do fluxo de pensamento, entre outras que podem ir desde o uso de testes neuropsicológicos, baterias de inteligência a diferentes escalas de avaliação de sintomas cognitivos e comportamentais. Comparam-se as respostas dadas pelo avaliado com as do grupo normativo para averiguar se está perante a um quadro patológico, normativo ou superior ao padrão.
- c) Laudo – O laudo neuropsicológico é a documentação escrita do processo de avaliação neuropsicológica que deve ser entregue junto à devolução oral sempre que possível. O objetivo desse documento é esclarecer todo o processo, desde a demanda, até os instrumentos utilizados, resultados e o significado da conclusão. Esta devolução por escrito deve corresponder a um retrato do processo de avaliação neuropsicológica propriamente dito. O laudo deve fornecer orientações iniciais para referenciar encaminhamentos e ter dados suficientes para facilitar o planejamento das demais intervenções multidisciplinares. Estas intervenções podem ser adaptações curriculares, decisões jurídicas, planejamento de cirurgias

neuroológicas, manutenção ou retirada de medicações, entre outras. Com o laudo em mãos, o profissional explica ao avaliado e à sua família o significado dos resultados da avaliação neuropsicológica e descreve o perfil cognitivo e emocional do avaliado e fornece estratégias para tratar quaisquer limitações que possam existir.

2.3 Testes neuropsicológicos

O teste neuropsicológico como testagem ou exame neuropsicológico é um exame não invasivo que permite avaliar com maior detalhe o desempenho do funcionamento cerebral e suas funções cognitivas. No presente estudo, com o objetivo de ilustrar diferentes formatos, diagnósticos e objetivos dos testes, iremos discutir sobre o teste de Atenção Concentrada D2, teste do desenho do relógio (TDR) e o teste de *Children's Memory Scale* (CMS), descritos a seguir.

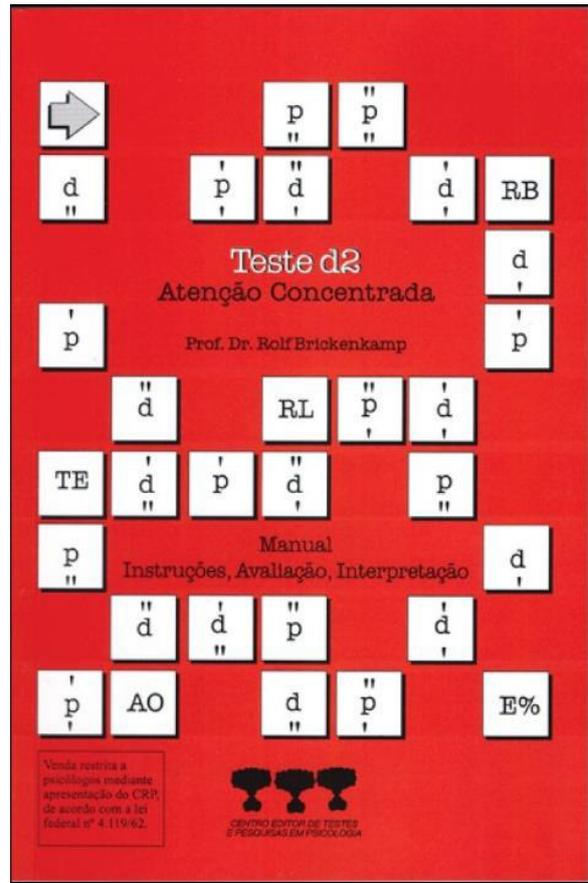
2.3.1 Teste de Atenção Concentrada D2

Segundo Brickenkamp (2000), o Teste de Atenção Concentrada D2 foi desenvolvido pelo Dr. Rolf Brickenkamp, para ser aplicado em pessoas de 9 a 52 anos, e basicamente consiste em analisar a capacidade de atenção focada em determinada situação. A atenção focada é a habilidade de manter-se focalizado durante uma atividade contínua e repetitiva, quando a mente está focada em uma mesma tarefa por um longo período, sem distrações.

Esse teste é muito utilizado em processos seletivos, como entrevistas de emprego, nas etapas para tirar a habilitação de veículos, ou até mesmo para medir o foco de alunos em suas atividades escolares ou acadêmicas.

Na realização do teste é necessário o manual (Figura 1), uma folha de aplicação, dois crivos e uma régua.

Figura 1 – Manual do teste de Atenção Concentrada D2



Fonte: (BRICKENKAMP, 2000)

O teste funciona da seguinte maneira: a tarefa do avaliado é riscar todas as letras “d” acompanhadas de dois traços, que podem estar embaixo, em cima ou um embaixo e outro em cima, conforme é exemplificada na Figura 1. Inicialmente são feitas uma explicação e um treino com o avaliado, para que o mesmo entenda sua tarefa no teste. Após o início do teste o avaliado deverá riscar os sinais pré-estabelecidos, tendo um limite de 20 segundos para realizar cada linha, sendo que o avaliado só deve ir para a próxima linha se finalizar antes dos 20 segundos ou quando for avisado pelo examinador que o tempo esgotou. Os sinais a serem marcados estarão misturados a outros semelhantes distribuídos em 14 linhas.

A avaliação é feita com dois crivos e uma régua, que permitem computar os acertos, as omissões e as marcações incorretas. O cálculo da avaliação é composto das seguintes variáveis:

- RB – resultado bruto (número total de sinais examinados);
- TE – total de erros;
- E% - porcentagem de erros;

- RL – Resultado Líquido: corresponde ao total de acertos;
- AO – amplitude de oscilação e distribuição de erros;

Depois que os valores obtidos em cada uma das 14 linhas forem apurados, soma-se estes resultados, obtendo-se RB (Resultado Bruto). A avaliação dos erros para o cálculo de TE (total de erros) ocorre da seguinte forma:

- a) Erro tipo 1 (Sinais omitidos). O total de erros tipo 1 é obtido verificando-se, entre as marcações realizadas, os sinais d com 2 riscos que deveriam ter sido riscados e não foram. Quando um sinal que deveria ter sido riscado não for, considera-se um erro de omissão.
- b) Erro tipo 2 (Marcação de um sinal errado). O erro tipo 2 é mais raro. Esses não são erros de omissão, mas sim, de troca. Nesse caso foram riscadas letras a mais. Verificam-se, entre as marcações realizadas, os sinais d ou p que não deveriam ser riscados, mas foram.
- c) Total de Erros (TE): A seguir, somam-se os erros tipo 1 e 2. A soma dos erros das 14 linhas dará o número total de erros.
- d) Porcentagem de Erros (E%): O total de erros (TE) é transformado em porcentagem de erros, pela fórmula: $E\% = 100 \times TE/TB$.
- e) Distribuição dos Erros: Calcula-se:
 - A soma de erros cometidos pelo sujeito nas primeiras quatro linhas;
 - O número de erros nas seis linhas seguintes (linhas centrais);
 - O número de erros nas últimas quatro linhas;

Os dados da distribuição dos erros são anotados na folha do teste e interpretados sem cálculos adicionais. Grandes diferenças entre o início e o final do teste, podem indicar uma mudança de atitude, o efeito da aprendizagem, o cansaço, ou outros fatores. Cálculo do Resultado Líquido (RL) Considera-se Resultado Líquido o valor do Resultado Bruto menos o Total de Erros ($RL = RB - TE$). Obtém-se assim o número total de sinais avaliados corretamente, ou seja, o desempenho total.

O cálculo da Amplitude de Oscilação do Desempenho é determinado em inicialmente identificar a linha em que o sujeito conseguiu examinar o maior número de sinais e aquela onde examinou o menor número, subtrai-se o valor menor do maior. A diferença entre o resultado de ambas as linhas é a Amplitude de Oscilação.

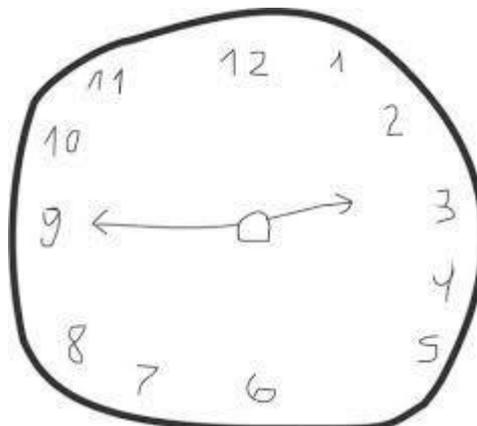
2.3.2 Teste do desenho do relógio (TDR)

Esse teste foi desenvolvido e aplicado pela primeira vez em 1953, mas iremos discorrer ao proposto por Sunderland *et al*, 1989. Segundo Sunderland (1989), trata-se de um teste simples para avaliar funções executivas e habilidades visuoespaciais. Costuma ser um dos exames mais comuns para diagnosticar o comprometimento cognitivo associado principalmente às primeiras fases do Alzheimer e doença de Parkinson.

Aplicação do teste:

- O avaliado recebe uma folha de papel em branco (tamanho A4) e é dada a liberdade de que ele escolha livremente o local a ser utilizado.
- Diga ao avaliado: “Desenhe um relógio com todos os números no mostrador e coloque os ponteiros marcando 2 horas e 45 minutos”. Exemplificado na figura 2.
- Caso o avaliado perceba que o desenho não ficou bom e quiser desenhar novamente, é permitido.
- Quando o avaliado terminar o teste, o profissional deve perguntar se ele terminou e se acha que se saiu bem.

Figura 2 – Exemplo do teste do desenho do relógio



Fonte: BARBUZANO (2016).

Pontuação:

Observa-se a esfera, a ordem de colocação dos números, a orientação, se estão dentro ou fora da esfera, se estiver apenas de um lado ou se houver excesso de numeração e se o avaliado direcionou os ponteiros corretamente no horário informado a ele.

A pontuação é avaliada da seguinte maneira, mostrado na Tabela 1:

Tabela 1 – Pontuação do teste do desenho do relógio

Relógio e número estão corretos	6-10 pontos
Tudo está correto	10
Leve desordem nos ponteiros (p. ex.: ponteiro das horas sobre o 2)	9
Desordem nos ponteiros mais acentuada (p. ex: apontando 2h20)	8
Ponteiros completamente errados	7
Uso inapropriado (p ex: marcação digital ou círculos envolvendo números)	6
Relógio e números incorretos	1-5 pontos
Números em ordem inversa, ou concentrados em alguma parte do relógio	5
Números faltando ou situados fora dos limites do relógio	4
Números e relógio não conectados; ausência de ponteiros	3
Alguma evidência de ter entendido as instruções, mas pouca semelhança com relógio	2
Não tentou ou não conseguiu representar um relógio	1

Fonte: Sunderland (1989).

2.3.3 Teste *Children's Memory Scale* (CMS)

Um dos instrumentos neuropsicológicos utilizados descritos na literatura é a *Children's Memory Scale* (CMS) (COHEN, 1997). A CMS é uma bateria de testes que fornece uma medida de aprendizagem e de memória para crianças de 5 a 16 anos. O desenvolvimento deste visa aperfeiçoar os instrumentos que têm por objetivo averiguar todos os subsistemas da memória, além de atenção/concentração e aprendizagem em crianças (COHEN, 1997). Tal instrumento proporciona uma melhor compreensão do desenvolvimento dos processos de memória, atenção e aprendizagem.

O teste é dividido em três diferentes domínios (fatores): Auditivo/Verbal, Visual/Não-verbal e Atenção/Concentração. Cada domínio é composto por dois subtestes da bateria principal e um subteste suplementar. No Tabela 2 estão ilustrados os subtestes que compõem a CMS, de acordo com os domínios que podem ser avaliados.

Tabela 2 - Subtestes que compõem a CMS

Memória Visual		Memória Verbal			Atenção/ Concentração	Aprendizado (Retenção)
Imediata	Tardia	Imediata	Tardia	Reconhecimento Tardio		
<i>Dot Locations</i>	<i>Dot Locations 2</i>	<i>Stories</i>	<i>Stories</i>	<i>Stories</i>	<i>Numbers</i>	<i>Dot Locations Learn</i>
<i>Faces</i>	<i>Faces</i>	<i>Word Pairs</i>	<i>Word Pairs</i>	<i>Word Pairs</i>	<i>Sequences</i>	<i>Word Pairs Learn</i>
<i>Family Pictures</i>	<i>Family Pictures</i>	<i>Word Lists</i>	<i>Word Lists</i>	<i>Word Lists</i>	<i>Picture Locations</i>	

Fonte: COHEN (1997).

A bateria principal da CMS é composta por 6 subtestes, descritos a seguir:

- a) *Dot Locations*: avalia a memória operacional visuo-espacial. Ao examinando é mostrado uma página contendo um quadro preenchido por estímulos, que são pontos azuis, dispostos em diversos locais na página. Esse estímulo é apresentado à criança por 5 segundos, e então é retirado da vista e a criança é convidada a colocar fichas azuis, similares aos pontos que estavam desenhados no quadro mostrado, no tabuleiro de respostas (colocado em frente ao examinando antes da apresentação do estímulo), nos mesmos locais em que os pontos azuis apareceram no quadro estímulo. Após três apresentações de estímulos e recordação da localização dos pontos azuis, um novo item de estímulo é apresentado, mas com pontos vermelhos. A tarefa é realizada de mesmo modo, porém apenas uma vez. Finalizando a primeira etapa, para as tarefas de recordação imediata, pede-se a criança que coloque as fichas azuis no tabuleiro de resposta, nos mesmos locais em que os pontos azuis apareceram no primeiro estímulo apresentado por 3 vezes, no início da aplicação do teste. A segunda etapa corresponde à recordação tardia, feita

após 20 minutos da primeira etapa, em que se solicita à criança que coloque as fichas azuis no tabuleiro indicando a localização dos pontos no primeiro estímulo apresentado por 3 vezes.

- b) *Faces*: Este subteste avalia a capacidade de processar, codificar e recordar faces humanas que serão apresentadas em um formato sequencial. É dividido em dois momentos: uma parte que avalia a memória imediata e uma outra que avalia a memória tardia. Na parte imediata o examinador é apresentado a uma série de faces e é solicitado que este se lembre de cada uma. Para ambas as partes são mostradas ao examinando os mesmos rostos junto com rostos distratores e é pedido para ele identificar se foi a face mostrada anteriormente para ele se lembrar ou se é uma face nova. A segunda parte do teste é realizada após 30 minutos da primeira parte.
- c) *Sequences*: Este subteste avalia a capacidade de atenção e de concentração, propondo tarefas de manipular e sequenciar verbalmente informações o mais rápido possível. É pedido ao colaborador para responder à seqüência direta de números: 01 até 10; a ordem alfabética direta; os dias da semana em ordem direta; a seqüência inversa de números: 01 até 10; os dias da semana em ordem inversa; os meses do ano em ordem direta; os números ímpares de 01 a 15; os números de 0 a 10 com o intervalo de quatro números; os números de 0 a 10 com o intervalo de seis números; os meses do ano em ordem inversa e por último, letras em ordem alfabética acompanhadas de números em ordem crescente, ambos em seqüência direta.
- d) *Stories*: é uma tarefa de memória verbal composta por pequenas histórias para três faixas etárias diferentes, sendo histórias A e B para crianças entre 5 e 8 anos de idade, histórias C e D para a faixa etária entre 9 a 12 anos e as histórias E e F são usadas para os indivíduos entre 13 e 16 anos. É solicitado ao examinando que escute atentamente duas histórias que são lidas para ele e imediatamente após o término da leitura de cada história é solicitado que ele recorde as informações lidas. Após a recordação imediata é informado que memorize as histórias, pois elas são solicitadas tardiamente.

- e) *Word Pairs*: é lida em voz alta para o sujeito uma lista de pares de palavras e posteriormente lida apenas a primeira palavra de cada par e solicitado que o examinando diga qual é a palavra que faz par com a palavra alvo. Esse procedimento é repetido 3 vezes. Para a recordação imediata é solicitado que a criança diga ambas as palavras que formam o par. As listas A, B e C são aplicadas em crianças de 5 a 8 anos de idade, enquanto as listas D, E e F são utilizadas na faixa etária 9 a 16 anos.
- f) *Numbers*: esse subteste é uma medida de capacidade de recordação imediata de números na ordem direta e na ordem inversa. A tarefa do sujeito é repetir sequências de dígitos na ordem direta e na ordem inversa. As sequências aumentam um dígito a cada tentativa.

Além desses subtestes, há 3 subtestes suplementares. São eles:

- a) *Picture Locations*: avalia a memória operacional visual e não verbal para a localização espacial dos objetos retratados, além de averiguar processos atencionais e de concentração. Nesse subteste é apresentado ao examinando uma página de estímulos com figuras (animais ou veículos) colocadas em várias posições dentro de um quadro retangular. A página de estímulos é removida da vista da criança, após 2 segundos, e ela é convidada a colocar peças azuis em um tabuleiro de respostas, indicando o lugar em que recorda ser o local correto em que a imagem aparece na página de estímulo.
- b) *Family Pictures*: nesse subteste são apresentados 4 cartões com cenas diferentes compostas com os membros de uma mesma família. Cada cartão é exposto durante 10 segundos, enquanto o examinando identifica cada um dos membros que aparecem na cena é solicitado que a criança memorize o maior número de detalhes possível em cada cena apresentada. Depois de 5 segundos em que foi retirado o cartão da frente do indivíduo, é mostrado ao examinando um cartão da família, no qual constam os membros da família e um cartão resposta que consta a cena da família sem os membros dessa família e o examinando é solicitado a identificar na cena onde estavam os membros da família e o que eles estavam fazendo. Antes do término

da atividade é solicitado ao sujeito que guarde essas informações, pois são solicitadas tardiamente.

- c) *Word Lists*: são lidas listas de palavras para o sujeito e solicitado que esse repita as palavras que foram lidas, em qualquer ordem. Para isso são realizadas quatro tentativas, sendo que na primeira tentativa são lidas todas as palavras e solicitado que a criança repita o maior número possível de palavras que conseguir lembrar, em qualquer ordem. Já na segunda tentativa são lidas apenas as palavras omitidas pela criança na primeira tentativa de recordação e é solicitado que o examinando repita todas as palavras que conseguir lembrar, incluindo aquelas que foram lembradas na tentativa anterior. Para a tarefa de recordação tardia é solicitado que o indivíduo guarde as palavras da primeira lista, pois elas são solicitadas posteriormente.

Para o registro das respostas das crianças foram desenvolvidos dois diferentes cadernos de respostas, dependendo da idade da criança que está sendo avaliada (5-8 anos ou 9-16 anos). A partir dos subtestes que compõe a CMS são extraídos oito índices de pontuação, sendo eles: Visual Imediata, Visual Tardia, Verbal Imediata, Verbal Tardia, Memória Geral, Atenção/Concentração, Aprendizagem e Reconhecimento tardio.

3 INFORMATIZAÇÃO DE TESTES NEUROPSICOLÓGICOS

Nesse capítulo será abordado na seção 3.1 um contexto histórico dos testes neuropsicológicos com a tecnologia computadorizada, mostrando como as duas áreas se relacionam no decorrer do tempo, as dificuldades, evoluções, vantagens e desvantagens desse relacionamento. Também serão apresentadas na seção 3.2 vantagens e desvantagens da informatização. Na seção 3.3 será ilustrada a implementação do teste do desenho do relógio citado de forma tradicional na seção 2.3.2, afim de mostrar as melhorias alcançadas e os desafios encontrados.

3.1 Contexto histórico

A neuropsicologia vem passando por mudanças ao longo do tempo. Por volta das décadas de 1960 e 1970 os profissionais deixaram de utilizar normas que se limitavam ao uso de medidas individuais do funcionamento cerebral e passaram a aderirem ao uso de testes validados com bases psicométricas e normativas (BILDER, 2011).

Acreditava-se na década de 80, que com o avanço da tecnologia haveriam também mudanças nos testes neuropsicológicos, devido ao fato dos computadores começarem a ser vendidos por um valor mais baixo. Muitos acreditavam naquela época que o computador poderia proporcionar uma melhor coleta de dados, maior controle na administração e na pontuação dos testes (KANE, KAY, 1992). Todavia, a falta de familiaridade com a tecnologia, os possíveis desafios tecnológicos e a possibilidade de os examinadores perderem espaço para as tecnologias acabaram predominando às vantagens oferecidas pela tecnologia.

O lápis e papel ainda são muito utilizados na avaliação neuropsicológica, apesar da crescente criação de protocolos tecnológicos. Esses novos protocolos utilizam tecnologia como os computadores, smartphones, tablets, sensores e até mesmo videogames (GONZALEZ *et al.*, 2003; HORESH, 2001).

Ainda que existam algumas ferramentas tecnológicas no campo da neuropsicologia, a integração entre os campos da tecnologia e da neuropsicologia ainda não aconteceu por completo, pelo contrário, o uso de tais instrumentos permanecem muito restrito (RABIN *et al.*, 2014). Isso faz com que permaneça o uso de métodos desatualizados, que demandam muito tempo para a coleta e para a

correção dos dados obtidos, e fornecem informações aquém do que poderia em relação ao comportamento humano. Além disso, são custosos. (COLLINS; RILEY, 2016; LEURENT; EHLERS, 2015).

Pesquisas sobre os padrões de uso de testes de neuropsicólogos clínicos nos EUA e no Canadá, realizadas por Rabin, Paolillo e Barr (2016) demonstram que ao longo de toda história, os neuropsicólogos vêm utilizando, em sua maioria, testes que tem como padrão o uso de lápis e de papel. Uma delas, revelou ainda, que mesmo após 10 anos, os profissionais continuavam aplicando os mesmos testes, pela dificuldade de ter um instrumento computacional que fosse compatível com o tradicional. A pesquisa apontou também, que num total de 693 testes listados pelos participantes, somente 6% eram baterias de testes computadorizadas. Outros dados revelaram que quase metade dos profissionais participantes da pesquisa alegaram nunca terem utilizado testes de computador, e apenas 18% deles disseram que frequentemente faziam uso de metodologia computadorizada. Como possíveis causas para isso, destacam-se: os custos dos testes, a falta de dados normativos adequados e insegurança sobre a utilidade e a validade do teste.

3.2 Classificação, vantagens e limitações

Segundo Vieira (2006), os testes neuropsicológicos informatizados podem ser classificados mediante três critérios:

- a) Presença do Avaliador: se ele demanda a presença física do avaliador, se essa pode ser uma tele presença, ou se dispensa até mesmo a observação indireta do avaliador.
- b) Sincronicidade da Operação: se o teste deve ser realizado de forma síncrona ou assíncrona. Isto é, se avaliador e avaliando precisam estar ao mesmo tempo em ação.
- c) Função da Tecnologia: o teste informatizado meramente processa informações (conferindo agilidade e precisão aos cálculos e livrando o avaliador de trabalho mecânico e repetitivo) ou ajuda de alguma forma a interpretar dados e mesmo a escrever laudos ou pareceres. Ou seja, este critério diz respeito ao nível de “inteligência” do recurso.

Por exemplo, o uso de um software para processamentos de dados do Teste de Atenção Concentrada D2 (BRICKENKAMP, 2000), o avaliador presente de forma síncrona (sentado à frente do avaliado), usa o teste tão somente para inserir dados quantitativos da folha de resposta do avaliado e obter os resultados dos cálculos que serão interpretados qualitativamente pelo próprio avaliador.

Já o *Implicit Association Test* pode ser aplicado sem a presença do avaliador e de forma assíncrona (o avaliando sozinho em sua casa, por exemplo, com dados enviados com segurança para o e-mail do avaliador) e a tecnologia confere processamento e interpretação completa dos dados (GREENWALD; MCGHEE; SCHWARTZ, 1998).

São muitas as vantagens da utilização de testes computadorizados. Certamente, a precisão que a tecnologia proporciona é um dos seus grandes benefícios. Seja ela no controle do tempo, na ordem de apresentação dos estímulos, no registro do tipo de resposta e das latências (CHARCHAT *et al.*, 2001). Essa precisão é praticamente impossível de ser alcançada usando testes que necessitam de papel e lápis, mesmo quando se utiliza um cronômetro (KAY; STARBUCK, 1997; DRASGOW, 1993).

Além disso, a informatização dos testes garantem maior confiabilidade psicométrica, já que padronizam os estímulos e a coleta dos dados, diminuindo assim, a interferência subjetiva do examinador (CAPOVILLA, 2006; CONKLIN *et al.*, 2013; RITSNER *et al.*, 2006; SCHATZ ; BROWNDYKE, 2002).

A qualidade e a quantidade da validade psicométrica dos testes com base em lápis e papel são muito maiores. Isso resulta numa validação pouco abrangente dos testes informatizados, que em sua maioria acabam sendo mais utilizados para fins de pesquisa. (BUTCHER; PERRY, ATLAS, 2000; MEULEN *et al.*, 2004). Apesar de existir algumas dificuldades e limitações em agregar a tecnologia aos testes neuropsicológicos, suas vantagens são claramente mais expressivas. Para Charchat *et al.* (2001), através desta tecnologia é possível realizar diagnósticos precocemente e acompanhar a evolução clínica de muitos transtornos.

Pasquali (2003) diz que os testes informatizados apresentam melhor os itens do teste, pois oferece uma maior qualidade do material, maior clareza, repetição sem exaustão, alteração das cores, fornecem intervalos mais precisos de tempo e melhores níveis de estímulo. Schatz e Browndyke (2002) destacam que a utilização adequada gera uma maior segurança, pois aumenta a estabilidade, a

precisão, a confiabilidade e a validade das medidas, além de possibilitar uma maior observação do paciente durante a aplicação dos testes.

No que diz respeito à motivação, Pasquali (2003) comenta que as pessoas ficam fascinadas ao interagir com o computador, principalmente a uma maior liberdade durante a aplicação: o computador não se cansa, não se irrita, acompanha o ritmo da pessoa.

Os instrumentos de avaliação neuropsicológica informatizados também podem representar redução de custos, não só no que diz respeito aos materiais e suprimentos, mas também no tempo de aplicação e correção do teste.

Todavia, a ansiedade do paciente frente à tecnologia desconhecida pode ser uma limitação encontrada ao utilizar testes informatizados. Em determinados casos, a falta de familiaridade com o instrumento pode tanto ser um limitador quanto a aderência do sujeito, quanto interferir nos resultados encontrados (Browndyke et al., 2002).

Meulen et al. (2004) destacam que outras limitações encontradas em testes informatizados são a dificuldade de análise nas respostas orais, as possíveis falhas de interpretação e no entendimento da instrução dada, na diminuição da relação interpessoal do avaliador com o avaliado e na avaliação qualitativa.

No Tabela 3 abaixo é descrito uma síntese das vantagens e limitações dos testes informatizados descritos nessa seção, seguindo fatores preponderantes.

Tabela 3 - Vantagens e limitações dos testes informatizados.

FATORES	VANTAGENS	LIMITAÇÕES
Economia	Menos folhas de respostas, menos tempo de aplicação e correção	Maior gasto com a contratação
Confiabilidade e Padronização	Aplicação padronizada, menos erros	Impossibilidade de realizar pausas por contratempos
Interação com o examinando	Maior observação dos aspectos qualitativos	Menor relação interpessoal
Segurança	Armazenamento dos dados no computador ou em rede	Dificuldade no acesso
Usabilidade e acessibilidade	Amigável para pessoas com familiaridade, boa acessibilidade para pessoas com dificuldades motoras nas telas sensíveis ao toque	Falhas do programa e do sistema
Mídia	Riqueza de estímulos visuais e sonoros	Alto grau de distratibilidade
Armazenamento	Alta capacidade e rapidez, menos ocupação de espaço físico	Acessível apenas do computador ou de computadores com internet
Pontuação	Facilidade e rapidez	Perda de aspectos qualitativos
Aspectos emocionais	Motivação	Ansiedade

Fonte: VIEIRA (2006).

Para Miller e Barr (2017), deve se tornar uma prioridade geral no campo da neuropsicologia o desenvolvimento de ferramentas orientadas por tecnologia para a coleta de dados comportamentais, orientado pelas demandas clínicas atuais e prever demandas antecipadas que possam vir a surgir. Destacam ainda que se for realizado de forma correta, a mudança mais significativa para o campo será a evolução das ferramentas que os neuropsicólogos usam para coletar e capturar dados. Ressaltam, entretanto, que os componentes centrais da prática clínica devem permanecer compatíveis ao longo do tempo e que o conhecimento dos profissionais permanecerá sendo necessário para impulsionar o desenvolvimento contínuo de novos métodos de coleta de dados e interpretar os dados no contexto do cérebro humano e das relações comportamentais.

3.4 Implementação de teste neuropsicológico

Nessa seção será ilustrado o Teste do desenho do relógio digital (TDRD), do artigo Souillard-Mandar *et al* (2016), afim de mostrar a informatização do teste e a utilização de aprendizado de máquina para uma automatização e melhoria na precisão da triagem e diagnósticos de pacientes.

O TDRD é o Teste do Desenho do Relógio (TDR) citado na seção 2.3.2 utilizando a caneta digitalizadora (a DP-201 da Anoto, Inc.) ilustrada na figura 3 que, enquanto funciona como uma esferográfica comum, também registra sua posição na página com espaço considerável (± 0.005 cm) e precisão temporal (12ms). Os dados da caneta são analisados usando um novo software desenvolvido para essa tarefa (Davis; Penney 2014; Cohen *et al.* 2014); o teste resultante é chamado de Teste do Desenho do Relógio Digital (TDRD).

Figura 3 - DP-201 da Anoto



O TDRD fornece vários recursos. A precisão espacial dos dados permite que o software faça um nível sem precedentes de análise geométrica do desenho, sem esforço do usuário. Como os pontos de dados são marcados com o tempo, eles capturam toda a sequência de comportamentos (cada traçado, pausa ou hesitação), em vez de apenas o resultado final (o desenho).

O processamento de dados da caneta começa com a interpretação do esboço, ou seja, a classificação de cada traço da caneta como um ou outro componente do relógio, por exemplo, ponteiro dos minutos, dígito específico, etc. (DAVIS *et al.* 2014).

Em 7 anos, foi acumulado um banco de dados de 3541 desenhos do TDRD, cujos traços foram cuidadosamente classificados e revisados. Alguns pacientes foram testados várias vezes ao longo dos anos, para evitar problemas que possam surgir da exposição repetida ao teste. Apenas o primeiro teste das repetições foi incluído na análise, resultando em 2169 testes (cada um dos quais tem um relógio de comando e cópia, produzindo 4338 desenhos distintos).

O enfoque médico do trabalho ilustrado está em três categorias de comprometimento cognitivo escolhidas devido à sua significância clínica e porque representam três dos diagnósticos mais comuns dos dados coletados: os distúrbios de comprometimento da memória consistindo na doença de Alzheimer e no comprometimento cognitivo leve amnésico, distúrbios cognitivos vasculares consistindo em demência vascular e comprometimento cognitivo vascular, e doença de Parkinson.

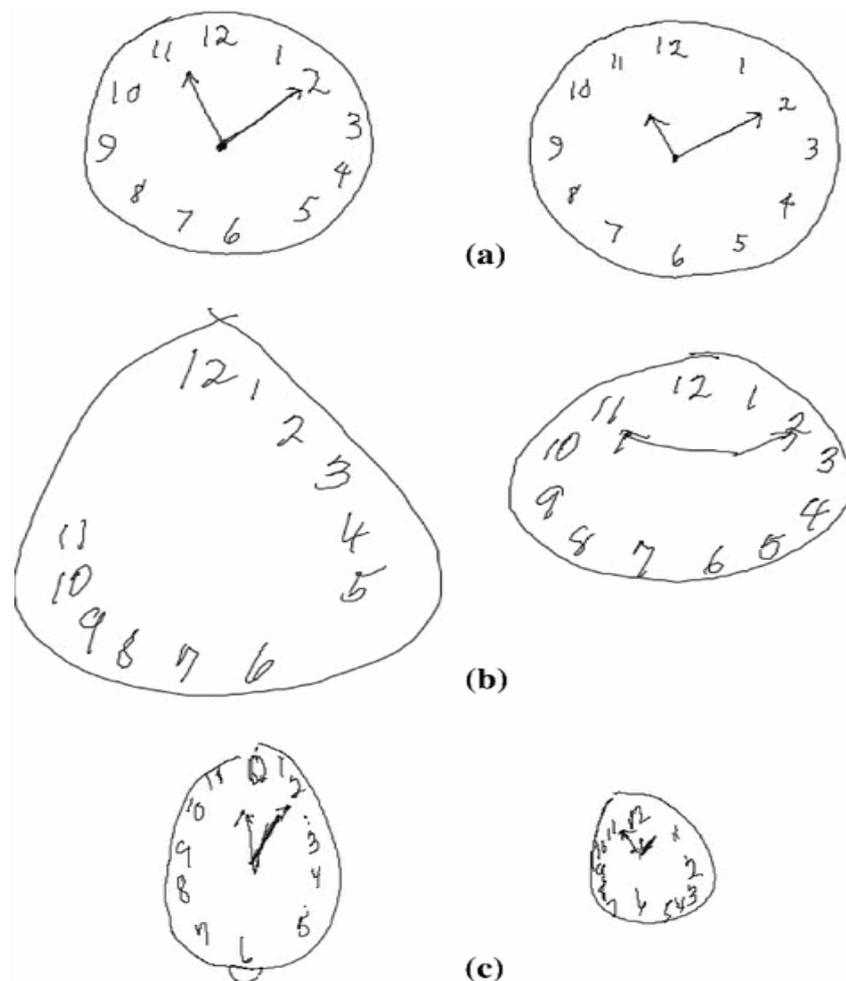
Duas formas de previsão foram implementadas. A *Triagem*, que distingue entre saudável e uma das três categorias de comprometimento cognitivo citadas acima, onde para cada categoria de comprometimento cognitivo, foi construído modelos que fazem uma previsão de escolha binária, indicando se alguém se enquadra nessa categoria ou se é saudável. A segunda previsão é semelhante ao diagnóstico de classificação de grupo clínico - distinguindo uma das três categorias de todos os outros 43 diagnósticos do conjunto de dados, incluindo os saudáveis. Por brevidade, no restante do trabalho, nos referimos a isso simplesmente como diagnóstico.

A Figura 4, ilustra desenhos de relógios representativos do conjunto de dados de um paciente no grupo dos saudáveis, um paciente no grupo de deficiência de memória e um indivíduo diagnosticado com doença de

Parkinson. Como a figura sugere, os relógios dos pacientes saudáveis são tipicamente redondos, têm todos os 12 dígitos presentes e espaçam regularmente o tempo todo, e têm os ponteiros apontados para o dígito 11 e o dígito 2. Os ponteiros geralmente têm pontas de flechas e o ponteiro dos minutos é comum, mas não invariavelmente maior que o ponteiro das horas, seguindo o formato tradicional de um relógio. Um ponto central também é comum.

Na Figura 4 temos exemplos de relógios, para escalar, do conjunto de dados para controles saudáveis, doença de Alzheimer e doença de Parkinson, com o relógio de comando à esquerda e o relógio de cópia à direita. Onde, **(a)** representa o controle saudável, **(b)** a doença de Alzheimer e **(c)** a doença de Parkinson.

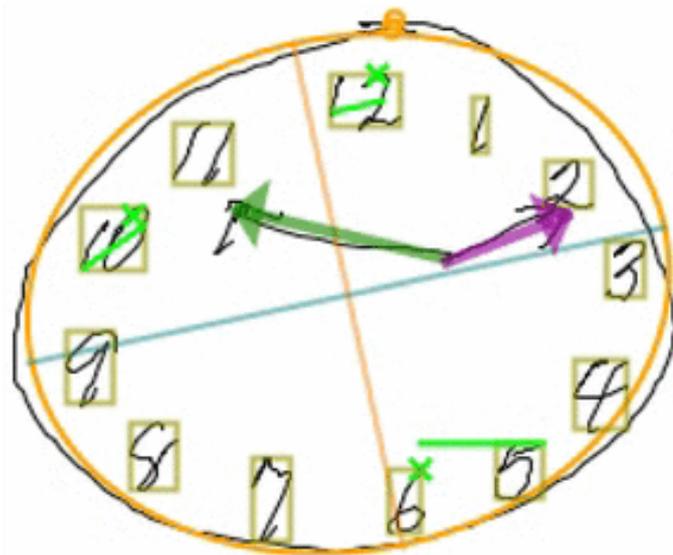
Figura 4 – Ilustração de desenhos de relógios



Fonte: Springer US (2015).

A Figura 5 abaixo mostra uma captura de tela do sistema TDRD depois que os traços de um relógio foram classificados, mostrando o ponto de partida para o trabalho relatado aqui. A captura foi feita do exemplo de um desenho do relógio de comando classificado da Figura 4 (b), onde uma elipse é ajustada à face do relógio, com os eixos maior e menor mostrados. Caixas delimitadoras são desenhadas em torno de cada dígito, *setas* mostram a direção dos ponteiros. O sistema adiciona as sobreposições coloridas como uma forma de tornar a classificação de traçado visualmente óbvia.

Figura 5 – Captura de tela do sistema TDRD



Fonte: Souillard-Mandar (2016).

Com os dados do banco de dados bem classificados de desenhos e recursos (recursos da caneta digital, recursos clínicos ou quantitativos e recursos mais simples) computados pelo software TDRD, foi utilizado o aprendizado de máquina para determinar a mais alta precisão atingível para classificadores construídos a partir dos dados coletados, aplicando métodos de aprendizado de máquina de última geração ao conjunto de todos os recursos.

Foi gerado classificadores usando vários métodos de aprendizado de máquina, incluindo CART (Breiman *et al.* 1984), C4.5 (Quinlan 1993), SVM com kernel gaussiano (Joachims 1998), florestas aleatória (Breiman 2001), árvores de decisão (Friedman 2001) e regressão logística regularizada (Fan *et al.* 2008). Utilizaram a validação cruzada para obter conjuntos de treinamento e teste.

A Tabela 4 mostra a qualidade de previsão para todos os algoritmos de aprendizado de máquina que foram usados e citados acima, relatando a média (0 a 1) e o desvio padrão do desempenho.

Tabela 4 - Resultados da classificação para a tarefa de triagem: distinguindo grupo clínico de pacientes saudáveis.

Algoritmo	Distúrbios de comprometimento da memória versus saudáveis	Distúrbios cognitivos vasculares versus saudáveis	Doença de Parkinson versus saudáveis	Todos os três versus saudáveis
C4.5	0,75 (0,08)	0,72 (0,07)	0,75 (0,06)	0,78 (0,08)
CART	0,78 (0,07)	0,75 (0,13)	0,76 (0,10)	0,76 (0,10)
SVM	0,89 (0,06)	0,84 (0,08)	0,86 (0,08)	0,91 (0,09)
Floresta aleatória	0,89 (0,10)	0,88 (0,09)	0,91 (0,11)	0,89 (0,06)
Árvores de decisão	0,93 (0,09)	0,88 (0,11)	0,87 (0,08)	0,90 (0,12)
Regressão logística regularizada	0,88 (0,11)	0,85 (0,07)	0,91 (0,08)	0,89 (0,09)

Fonte: Souillard-Mandar (2016).

Para o banco de dados do TDRD, esses resultados são superiores as precisões publicadas dos sistemas de pontuação existentes, mesmo quando esses sistemas de pontuação focalizaram a tarefa de seleção mais simples de distinguir os pacientes saudáveis daqueles com qualquer tipo de comprometimento cognitivo. Como um exemplo dos intervalos e variâncias, a precisão para dois sistemas de pontuação amplamente utilizados foi relatada de 0,66 (Storey *et al.*, 2002) a 0,79 (Storey *et al.*, 2001) para Shulman (Shulman *et al.*1993), e de 0,7 (Storey *et al.*2002) a 0,78 (Storey *et al.*2001) para (Mendez *et al.*1992).

O segundo conjunto de experimentos visa o diagnóstico, ou seja, distinguir os pacientes de um dos grupos clínicos de pacientes com qualquer outra condição médica, neurológica ou psicológica. A Tabela 5 mostra resultados de precisão comparativa, relatando a média (0 a 1) e o desvio padrão do desempenho.

Tabela 5 - Resultados de classificação para a tarefa de diagnóstico: distinguir um grupo de comprometimento cognitivo de todos os outros diagnósticos.

Algoritmo	Distúrbios de comprometimento da memória versus todos os outros	Distúrbios cognitivos vasculares versus todos os outros	Doença de Parkinson versus todos os outros	Todos os três versus todos os outros
C4.5	0,71 (0,10)	0,67 (0,06)	0,71 (0,09)	0,66 (0,09)
CART	0,72 (0,06)	0,69 (0,09)	0,68 (0,09)	0,64 (0,04)
SVM	0,79 (0,07)	0,77 (0,13)	0,81 (0,11)	0,72 (0,06)
Floresta aleatória	0,83 (0,06)	0,79 (0,10)	0,81 (0,07)	0,73 (0,04)
Árvores de decisão	0,80 (0,09)	0,77 (0,08)	0,77 (0,09)	0,82 (0,05)
Regressão logística regularizada	0,78 (0,06)	0,79 (0,05)	0,82 (0,05)	0,79 (0,07)

Fonte: SOUILLARD-MANDAR (2016).

Na utilização de novos recursos (recursos da caneta digital, recursos clínicos ou quantitativos e recursos mais simples), novos dados extraídos dos desenhos e o aprendizado de máquina, o TDRD gerou uma interpretação mais complexa em relação aos critérios de pontuação mais utilizados, dificultando uma justificativa dos resultados obtidos pelos clínicos.

Os sistemas de pontuação tradicionais utilizados pelos clínicos geralmente baseiam-se em características óbvias (regras de pontuação) e, portanto, têm uma validade de transparência que é prontamente compreendida pelos usuários. Uma potencial falta de transparência nos classificadores derivados de aprendizado de máquina pode ser uma barreira para o uso clínico.

Assim, observamos que a informatização do TDR não somente alterou os recursos periféricos, mas também possibilitou a coleta de novos dados e classificações mais assertivas. Com isso, abre a oportunidade de se alcançar diagnósticos mais precisos e mais precoces, contribuindo assim, para o tratamento e qualidade de vida do paciente.

4 CONCLUSÃO

Diante do que foi abordado, há a necessidade de investir em estudos que promovam uma maior validação de testes neuropsicológicos informatizados, visto que são incontáveis as melhorias que a tecnologia poderá proporcionar na área, tais como melhor precisão de respostas, padronização de aplicação e correção, assim como menor custo com materiais. É importante ressaltar a importância do equilíbrio entre as medidas quantitativas e qualitativas na informatização dos testes, pois cada teste apresenta características e necessidades próprias na aplicação e na interpretação dos resultados. Para isso, é necessário o envolvimento de profissionais da computação e da neuropsicologia em estudos, pesquisas e validações de implementações de software que contribuam para uma melhor performance dos testes. Também é válido ressaltar que a informatização não é uma automatização completa do teste e do diagnóstico, pois o conhecimento dos profissionais da neuropsicologia é necessário na avaliação qualitativa e na observação do paciente, e também no desenvolvimento contínuo de novos métodos de coleta e na interpretação dos dados no contexto do cérebro humano e das relações comportamentais.

A ilustração TDRD mostrou que informatizando um teste, abre-se a oportunidade de se utilizar recursos tecnológicos atuais (os algoritmos mais recentes de aprendizado de máquinas, algoritmo de análise de imagem e a caneta digitalizadora) na coleta de novos dados e interpretações mais precisas, que são desafiadoras de se medir com as administrações tradicionais baseadas em papel e lápis. De fato, desafios e limitações foram encontrados em relação a justificativa da interpretação dos clínicos nos resultados obtidos pelo software.

Isso mostra a necessidade de novas pesquisas, estudos e validações citadas anteriormente, pois existem boas perspectivas de evoluções dos testes na utilização de tecnologia, proporcionando alcançar diagnósticos mais precisos e mais precoces, podendo assim contribuir para uma melhor reabilitação e qualidade de vida do paciente.

Por fim, ao ilustrar conceitos e disponibilizar uma discussão a respeito da informatização de testes neuropsicológicos e suas aplicações, este trabalho contribui

para servir como material de referência para a área acadêmica ou de mercado que pretendem buscar melhores resultados e benefícios para saúde pública, através das melhorias alcançadas pelo uso de tecnologia computacional. Nesta direção, os avanços tecnológicos na área da neuropsicologia tornam-se cada vez mais relevantes para a inovação da testagem psicológica.

Como limitações deste trabalho podemos listar:

- Poucos testes neuropsicológicos analisados.
- Falta de uma pesquisa com profissionais da psicologia sobre a utilização de testes neuropsicológicos informatizados.
- Poucas referências sobre o interesse de profissionais da computação na área de testes neuropsicológicos.
- A falta de uma implementação de um protótipo para análise de resultados.

REFERÊNCIAS

- AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION. COMMITTEE ON PROFESSIONAL STANDARDS; AMERICAN PSYCHOLOGICAL ASSOCIATION. BOARD OF SCIENTIFIC AFFAIRS. COMMITTEE ON PSYCHOLOGICAL TESTS; ASSESSMENT. Guidelines for computer-based tests and interpretations. The Association, 1986.
- BARBUZANO, Javier. **Inteligência artificial melhora o diagnostico de doenças mentais**. 2015. Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2015/08/28/ciencia/1440748607_241234.html.: Acesso em: 20 de mar. de 2019.
- BILDER, R. M.. Neuropsychology 3.0: Evidence-based science and practice. Journal of the International Neuropsychological Society, v.17, pp.7–13, 2011.
- BREIMAN, L., *et al.* **Classification and regression trees**. Belmont: Wadsworth. 1984.
- BREIMAN, L.. Random forests. **Machine learning**, v.45, n.1, p.5–32, 2001.
- BRICKENKAMP, Rolf. **Teste D2: atenção concentrada: manual, instruções, avaliação, interpretação**. 7. ed. São Paulo: Centro Editor de Testes e Pesquisa em Psicologia, 2000.
- BROWNDYKE, J. N.; ALBERT, A. L.; MALONE, W.; SCHATZ, P.; PAUL, R. H.; COHEN, R. A.; GOUVIER, W. D. Computer-related anxiety: Examining the impact of technology-specific affect on the performance of a computerized neuropsychological assessment measure. **Applied Neuropsychology**, v.9, n.4, pp.210- 218, 2002.
- BUTCHER, J.N.; PERRY, J.N.; ATLAS, M.M.. Validity and utility of computerbased test interpretation. **Psychol Assess**, v.12, p.6-18, 2000.
- CAPOVILLA, A. G. S.. Desenvolvimento e validação de instrumentos neuropsicológicos para avaliar funções executivas. **Avaliação Psicológica**, v.5, n.2, p.239- 241, 2006.
- CHARCHAT-FICHMAN, H. *et al.* Investigação de marcadores clínicos dos estágios iniciais da doença de Alzheimer com testes neuropsicológicos computadorizados. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v.14, n.2, p. 305-316, 2001.
- COHEN, MJ. **Manual for the Children’s Memory Scale**. San Antonio: The Psychological Corporation, 1997.
- COLLINS, F. S.; RILEY, W. T.. NIH’s transformative opportunities for the behavioral and social sciences. **Science Translational Medicine**, v.8, n.366, 2016.

- CONKLIN, H. M.; ASHFORD, J. M.; DI PINTO, M.; VAUGHAN, C. G.; GIOIA, G. A.; MERCHANT, T. E., ...Wu, S Computerized assessment of cognitive late effects among adolescent brain tumor survivors. **Journal of Neuro-Oncology**, v.113, n.2, p.333- 340, 2013.
- DAVIS, R.; PENNEY, D.L.. *Method and apparatus for measuring representational motions in a medical context*. **US Patent**, n.8,p.740-819, 2014.
- FAN, R. E., *et al* LIBLINEAR: A library for large linear classification. **The Journal of Machine Learning Research**, n.9, p.1871–1874, 2008.
- FISKE, S. T.; TAYLOR, S. E. **Social cognition: From brains to culture**.New York: McGraw-Hill. 2008.
- FRIEDMAN, J. H. Greedy function approximation: A gradient boosting machine. **Annals of Statistics**, v.29, n.5, p.1189–1232, 2001
- FUENTES, D. et. al. **Neuropsicologia: teoria e prática**. Porto Alegre: Artmed. 2008.
- GONZALEZ, R.; *et al*. Computerized reaction time battery versus a traditional neuropsychological battery: Detecting HIV-related impairments. **Journal of the International Neuropsychological Society**, v.9, p.64-71, 2003.
- GREENWALD AG, MCGHEE DE, SCHWARTZ J. Measuring individual differences in implicit cognition: the Implicit Association Test. **J Pers Soc Psychol**. v.74, (6):1464-80. 1998.
- GREENWALD AG; MCGHEE de; SCHWARTZ J. Measuring individual differences in implicit cognition: the Implicit Association Test. **J Pers Soc Psychol**,v.74, n.6, p.1464-1480,1998.
- HORESH, N.. Self-report vs. computerized measures of impulsivity as a correlate of suicidal behavior. **Crisis**, v.22, n.1, p.27-31, 2001.
- JOACHIMS, T. **Making large-scale SVM learning practical**. LS8-report 24, Universität Dortmund, LS VIII-report.1998.
- KANE, R. L.; KAY, G. G.. Computerized assessment in neuropsychology: A review of tests and test batteries. **Neuropsychology Review**, v.3, n.1, p.1–117, 1992.
- KAY, G. G.; STARBUCK, V. N.. Computerized neuropsychological assessment. In M. E. Maruish & J. A. Moses Jr. (Eds.), **Clinical neuropsychology: Theoretical foundations for practitioners**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, p. 143-161, 1997.
- LEURENT, C.; EHLERS, M. D.. Digital technologies for cognitive assessment to accelerate drug development in Alzheimer's disease. **Clinical Pharmacology and Therapeutics**, v.98, p.475–476, 2015.

MEULEN E.F.; SCHMAND B.; VAN CAMPEN J.P. The seven minute screen: a neurocognitive screening test highly sensitive to various types of dementia. **J Neurol Neurosurg Psychiatry**, v.75, pp.700-705, 2004.

MILLER, J.B.; BARR, W.B.. The Technology Crisis in Neuropsychology. **Archives of Clinical Neuropsychology**. v.32 p. 541–554. 2017.

OLIVEIRA, Rosimmeire. **O que é e para que serve uma avaliação neuropsicológica**. 2016. Disponível em: <http://www.rosimeireoliveira.com.br/?q=node/72> /. Acesso em: 05 de mar. de 2019.

PASQUALI, L. **Psicometria: teoria dos testes na psicologia e na educação**. Rio de Janeiro: Vozes. 2003.

QUINLAN, J. R.. **C4.5: Programs for machine learning**. Los Altos: Morgan Kaufmann, (1993)

RABIN, L. A.; PAOLILLO, E.,; BARR, W. B.. **Stability in test-usage practices of clinical neuropsychologists in the United States and Canada over a 10- year period: A follow-up survey of INS and NAN Members**. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 2016.

RABIN, L. A.; SPADACCINI, A. T.; BRODALE, D. L.,; GRANT, K. S.; ELBULOK-CHARCAPE, M. M.; BARR, W. B... Utilization rates of computerized tests and test batteries among clinical neuropsychologists in the United States and Canada. **Professional Psychology: Research and Practice**, v.45, p.368, 2014.

RITSNER, M. S.; BLUMENKRANTZ, H.; DUBINSKY, T.; DWOLATZKY, T. The detection of neurocognitive decline in schizophrenia using the Mindstreams. **Schizophrenia Research**. v.82, n.1, p.39-49, 2006.

SCHATZ, P.; BROWNDYKE, J.. Applications of computer-based neuropsychological assessment. **Journal of Head Trauma Rehabilitation**, 17, 395-410. 2002)

SOUILLARD-MANDAR, W. *et al.* Learning classification models of cognitive conditions from subtle behaviors in the digital Clock Drawing Test **Mach Learn**. V.102, n393. 2016.

STOREY, J. E.*et al.* A comparison of five clock scoring methods using ROC (receiver operating characteristic) curve analysis. **International Journal of Geriatric Psychiatry**, v.16, n.4, p.394–399. 2001.

SUNDERLAND, T. *et al.* Clock drawing in Alzheimer's disease: a novel measure of dementia severity. **Journal American Geriatric Society**, n.37, p.725-729, 1989.

VIEIRA, Perin. **Avaliação Neuropsicológica: o computador e a Internet como Meios**. III PsicoInfo. PUC-SP, 2006