

Beatriz Maria Trezza

**O efeito da exposição ao calor sobre o
desempenho cognitivo de idosos: um estudo controlado.**

**Tese apresentada à Faculdade de Medicina
da Universidade de São Paulo para
obtenção do título de Doutor em Ciências**

Programa de Patologia

Orientador: Prof. Dr. Wilson Jacob Filho

São Paulo

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Preparada pela Biblioteca da
Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo

©reprodução autorizada pelo autor

Trezza, Beatriz Maria

O efeito da exposição ao calor sobre o desempenho cognitivo de idosos : um estudo controlado / Beatriz Maria Trezza. -- São Paulo, 2014.

Tese(doutorado)--Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.
Programa de Patologia.

Orientador: Wilson Jacob Filho.

Descritores: 1.Idoso 2.Testes neuropsicológicos 3.Regulação da temperatura corporal 4.Memória 5.Atenção 6.Tempo de reação 7.Temperatura ambiente 8.Temperatura alta

USP/FM/DBD-446/14

Dedico esta tese,

Aos meus pais, Eder e Ercília, pelo exemplo de amor a medicina, dedicação à vida acadêmica e ética que me inspiraram a trilhar este caminho.

Às minhas irmãs Valéria e Priscila pelo amor, carinho e apoio incondicional que foram fundamentais para conclusão deste desafio.

Agradecimentos

A todos os idosos que generosamente doaram seu tempo a esta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Wilson Jacob Filho, meu orientador, por acreditar no meu potencial e principalmente pela paciência ao longo do trajeto.

Ao Dr. Daniel Apolinário por sua generosidade em me ensinar tantas coisas e por sua ajuda fundamental nas análises estatísticas.

Ao Dr. Alexandre Leopoldo Busse por seu apoio e aconselhamento ao longo de todo o desenvolvimento desta pesquisa.

Aos Engenheiros Paulo Afonso de André e Marco Antônio Garcia Martins por todo apoio técnico durante a execução dos testes no contêiner.

Aos membros da banca de qualificação Prof. Dr. Paulo Hilário Nascimento Saldiva, Dr. José Antônio Esper Curiati e Dr. José Marcelo Farfel pelas sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

Ao meu pai, Eder Trezza, por suas sugestões para o aperfeiçoamento do texto desta tese e por seu apoio em todos os momentos.

À colega de pesquisa Rafaela por sua ajuda na seleção dos voluntários e por seu apoio.

Aos amigos Ademir e Flávio por sua ajuda em tecnologia.

Às minhas queridas irmãs Valéria e Priscila, e às minhas queridas amigas Adriana e Ana Cristina pelo carinho e por estarem sempre presentes quando precisei dividir minhas angústias.

Sumário

Lista de Siglas.....	9
Resumo	11
1.INTRODUÇÃO.....	17
1.1.Envelhecimento e Mudança Climática	17
1.2.Cognição e Envelhecimento	19
1.3.Termorregulação e Envelhecimento	23
1.4.Cognição e Temperatura	29
2.OBJETIVOS	37
2.1.Objetivo Geral	37
2.2.Objetivos Específicos	37
3.CASUÍSTICA E MÉTODOS	41
3.1.Casuística.....	41
3.2.Métodos	42
3.2.1.Protocolo de Testes	43
3.2.2.Bateria de Testes Neuropsicológicos - CANTAB.....	45
4.ANÁLISE ESTATÍSTICA	55
4.1.Cálculos dos Escores Compostos	55
4.2.Análises de Interação.....	56
4.3.Modelo de Regressão Linear Multivariada	57
4.4.Cálculo Amostral	58
5.RESULTADOS	61
5.1.Caracterização da Amostra	61
5.2.Caracterização do Ambiente.....	62
5.3.Comparação entre os Grupos Alocados para Primeira Sessão a 24° C ou a 32° C	62
5.4.Parâmetro Fisiológicos	64
5.5.Conforto Térmico	65
5.6.Efeito do Aprendizado sobre o Desempenho na CANTAB.....	65
5.7.Efeito da Temperatura sobre a Cognição.....	66
5.8.Análise de Interação	67
5.9.Modelo de Regressão	71
6.DISSCUSSÃO.....	75
7.CONCLUSÕES.....	85
REFERÊNCIAS	89

ANEXOS.....	99
ANEXO 1 - MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL.....	99
ANEXO 2 – ESCALA DE DEPRESSÃO GERIÁTRICA	100
ANEXO 3 – BATERIA CURTA DE DESEMPENHO FÍSICO.....	101
ANEXO 4 – PLANTA DO LABORATÓRIO.....	102

Lista de Siglas

CANTAB	<i>Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery</i> (Bateria Neuropsicológica Automatizada de Testes de Cambridge)
EEG	Eletronecefalograma
EM	Estação Meteorológica
ET	<i>Effective Temperature</i> - Temperatura Efetiva
DP	Desvio Padrão
FC	Frequência Cardíaca
FMUSP	Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo
GDS 15	Escala Geriátrica de Depressão de 15 itens
IAG - USP	Instituto de Astronomia e Geofísica da Universidade de São Paulo
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
MEEM	Mini-Exame do Estado Mental
MOT	<i>Motor screening test</i>
PAL	<i>Paired Associates Learning</i>
PAS	Pressão Arterial Sistólica
PRM	<i>Pattern Recognition Memory</i>
RH	Umidade Relativa do Ar
RTI	<i>Reaction Time</i>
RVP	<i>Rapid Visual Information Processing</i>
SPPB	<i>Short Physical Performance Battery</i> (Bateria Curta de Desempenho Físico)
SSVP	<i>Steady-State Visual Evoked Potential</i> (Potencial Evocado Visual Sustentado)
SSP	<i>Spatial Span</i>
TAU	Temperatura Auricular
Tc	Temperatura Central
TAX	Temperatura Axilar
VIF	<i>Variance Inflation Factor</i>
VO2max	Consumo Máximo de Oxigênio

Resumo

Trezza, BM. O efeito da exposição ao calor sobre o desempenho cognitivo de idosos: um estudo controlado [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo; 2014.

Introdução: Concomitante ao processo de envelhecimento populacional, estão ocorrendo mudanças climáticas, sendo a principal delas o aquecimento global. O envelhecimento leva a mudanças tanto nos mecanismos de termorregulação quanto no desempenho cognitivo. Embora inúmeros estudos tenham avaliado o efeito do calor sobre a cognição de adultos jovens, este é um tema praticamente inexplorado na população geriátrica. **Objetivos:** Avaliar o efeito da exposição ao calor sobre o desempenho cognitivo de idosos saudáveis e identificar fatores que expliquem as variações na susceptibilidade ao estresse térmico nesta população. **Casística e Métodos:** 68 idosos com bom desempenho físico e cognitivo realizaram uma bateria de testes neuropsicológicos em duas condições ambientais: 24°C (controle) e 32°C (calor). Através de cinco testes selecionados da Bateria Neuropsicológica Automatizada de Testes de Cambridge (CANTAB), foram avaliados diferentes aspectos do desempenho cognitivo com foco principal em memória, atenção e velocidade de processamento. Um escore composto global de desempenho cognitivo foi criado usando a medida mais representativa de cada um desses testes. Antes e após cada uma das sessões de testes, foram aferidos o peso corporal, a temperatura axilar, a temperatura auricular, a frequência cardíaca e a pressão arterial. Por meio da análise de variância para medidas repetidas (ANOVA), verificou-se a interação entre o efeito da temperatura na cognição (avaliada pelo escore composto global) e características sociodemográficas (idade, sexo, educação, cor), frequência de exercício físico e umidade relativa registrada durante o protocolo de exposição ao calor. Adicionalmente, foi também desenvolvido um modelo de regressão linear multivariada a fim de identificar variáveis independentes que explicariam a susceptibilidade ao estresse pelo calor. **Resultados:** A idade média da amostra foi de 73,28 anos. 42,9% dos indivíduos relataram praticar atividade física quatro ou mais vezes por semana. As temperaturas auriculares e axilares aumentaram significativamente após a exposição ao calor, sendo que as diferenças médias encontradas foram de 0,55 e 0,43°C respectivamente. Não foram observadas diferenças significativas entre quaisquer medidas individuais de desempenho ou no escore composto global quando comparamos o desempenho cognitivo sob as duas temperaturas experimentais. Na análise de interação, somente os níveis de umidade registrados durante o protocolo de exposição ao calor e a frequência da prática de exercícios modificaram significativamente o efeito da temperatura sobre o desempenho cognitivo. Os sujeitos expostos a maior umidade relativa do ar no protocolo de calor e os voluntários menos ativos apresentaram piora no desempenho cognitivo na sessão a 32°C. Estes achados foram confirmados num modelo de regressão linear totalmente ajustado. **Conclusão:** A análise principal mostrou que o desempenho cognitivo de idosos com boa funcionalidade não sofreu efeito deletério da exposição ao calor. No entanto, os voluntários expostos ao calor mais úmido e aqueles que relataram menor frequência de exercício físico apresentaram pior desempenho na sessão de calor que na de controle. As variáveis sócio-demográficas como idade, gênero, escolaridade e cor não tiveram influência na susceptibilidade ao estresse térmico.

Descritores: Idoso, cognição, testes neuropsicológicos, regulação da temperatura corporal, memória, atenção, tempo de reação, temperatura ambiente, temperatura alta

Abstract

Trezza, BM. The effect of heat exposure on the cognitive performance of older adults: a controlled trial [thesis]. São Paulo: “Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo”; 2014.

Introduction: Concomitantly to the process of population aging, major climate changes are taking place, among which global warming is regarded as the most important. Aging leads to changes in temperature control mechanisms and is associated with a subtle and progressive decline in cognitive functions. Although a great deal of studies have evaluated the effect of heat on the cognitive performance of young adults, to the best of our knowledge, no studies have directly investigated the effects of warm environments on the cognitive functioning of older adults. **Objectives:** To evaluate the effect of heat exposure on the cognitive performance of healthy older adults and to identify factors that would explain variations in susceptibility to heat stress in that population. **Methods:** 68 older adults with both good physical and cognitive performance were requested to take a series of neuropsychological tests under two environmental conditions: at 24°C and 32°C. Five tests from the Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery (CANTAB) were administered to measure different aspects of cognitive functioning while focusing on memory, attention and processing speed. A global composite score of cognitive performance was created, using the most representative measures of each one of those five tests. Before and after each session, measures of auxiliary temperature, tympanic temperature, blood pressure, heart rate, and body weight were obtained. Interaction analysis was carried out using repeated measures analysis of variance (ANOVA) in order to check whether the effect of temperature on cognition, assessed by the global composite score, was modified by sociodemographic characteristics (age, gender, education, race), frequency of physical activity or relative humidity registered during the heat protocol. In addition, a multiple linear regression model has been fitted to identify independent variables that would explain susceptibility to heat stress **Results:** The mean age of the sample was 73.28 years and 42.9% of the participants reported performing physical activities at least four times a week. Tympanic and auxiliary temperatures increased significantly after the heat exposure with increases of 0.55 and 0.43°C, respectively. No significant differences were observed among any individual measures or the composite score, when comparing the cognitive performance under the two experimental temperatures. In the interaction analysis, only the humidity levels during the heat exposure protocol and the frequency of physical activities significantly modified the effects of temperature on cognitive performance. Participants exposed to higher relative air humidity during the heat protocol and the less active ones have presented worse cognitive performance in the session at 32°C. Those findings have been confirmed by a totally adjusted linear regression model. **Conclusion:** The main analysis has shown that the cognitive performance of older healthy adults has not had deleterious effect of heat exposure. Nevertheless, the volunteers exposed to more humid heat and those who have reported lower frequency of physical exercises have shown worse performance during the heat session than in the control session. The sociodemographic variables such as age, gender, education and race have not had any influence over susceptibility to heat stress.

Descriptors: aged, cognition, neuropsychological tests, body temperature regulation, reaction time, attention, memory, temperature, hot temperature.

1. INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

1.1. Envelhecimento e Mudança Climática

O envelhecimento populacional é um fenômeno global que tem ocorrido em velocidades muito diferentes ao redor do mundo. Ele teve início há muitas décadas nas regiões mais ricas do mundo, como a Europa e América do Norte e, muito mais recentemente, nas regiões de baixa e média renda. Por exemplo, enquanto a França levou mais de 100 anos para que sua população com 65 anos ou mais aumentasse de 7 para 14%, em países como o Brasil, China e Tailândia esta mesma mudança demográfica ocorrerá em pouco mais de 20 anos, o que lhes dá muito menos tempo para as adaptações necessárias (*World Health Organization*, 2012).

No Brasil, o envelhecimento populacional se deu, principal e não somente, como resultado da queda da fecundidade, mas também pela diminuição na mortalidade dos grupos etários mais velhos. A taxa de fecundidade, que na década de 1960 era por volta de 6 filhos por mulher, caiu para 1,76 segundo o censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012; Zanon, Moretto e Rossana, 2013).

A população brasileira atingiu 190,8 milhões em 2010, sendo que 42,03% pertenciam à faixa etária de 0 e 24 anos, 47,18% à de 25 a 59 anos e 10,79% à de 60 anos ou mais. Essas faixas etárias correspondiam em 2000 a 49,67%, 41,76% e 8,56%, respectivamente, mostrando uma mudança gradual na composição etária neste período de dez anos, com diminuição do segmento jovem e aumento na participação de adultos e idosos no total da população (Zanon, Moretto e Rossana, 2013). Particularmente, a parcela da população dos muito idosos (com 80 ou mais anos) aumentou em aproximadamente 48% entre 1997 e 2007 (Minayo, 2012). A população da cidade de São Paulo é ainda mais envelhecida. Em 2010 eram 1.339.778 idosos que correspondiam a 11,9% da população residente na capital paulista (IBGE, 2012).

Outro fenômeno global é a mudança climática. Segundo o relatório do Painel Intergovernamental das Mudanças Climáticas da Organização das

Nações Unidas (*Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC*) de 2013, o aquecimento global é incontestável e muitas das mudanças observadas não têm precedentes. A previsão é que a temperatura de superfície global aumente mais de 1,5°C em relação a 1850 -1900 até o final do século 21.

A região metropolitana de São Paulo não é exceção e também tem sofrido mudanças em seu clima. De acordo com o boletim climatológico anual da Estação Meteorológica (EM) do Instituto de Astronomia e Geofísica da Universidade de São Paulo (IAG-USP) de 2012, a análise da evolução da temperatura média anual mostra que, apesar das flutuações interanuais, as temperaturas médias, máximas e mínimas possuem uma tendência de aumento ao longo da série histórica de registros dos últimos 80 anos. A temperatura média anual na cidade de São Paulo aumentou por volta de 2,1°C desde o início dos registros em 1933, sendo que o ano de 2012 foi 6,8% mais quente que a média climatológica. Concomitantemente, a temperatura média máxima e a temperatura média mínima também aumentaram 1,6°C e 2,2°C respectivamente. Adicionalmente, o número de dias com temperatura igual ou acima de 30°C em 2013 foi de 64. Valor bem acima da média que é de 47 dias por ano.

Inúmeros estudos já demonstraram aumento da mortalidade durante ondas de calor e que o fator de maior impacto é a idade avançada. Há indícios de que as mortes ocorrem principalmente entre indivíduos com doenças cardiovasculares e pulmonares. (Basu e Samet, 2002; Astrom, Forsberg e Rocklov, 2011).

O aumento de mortalidade não ocorre somente nos dias de extremo calor. Yu et al. (2012) publicaram recentemente uma meta-análise da literatura referente aos efeitos das variações da temperatura sobre a mortalidade de idosos. Quinze estudos foram selecionados e quase 13 milhões de mortes foram incluídas, com dados referentes à Europa, América do Norte, América do Sul e Ásia. Eles observaram que a mortalidade dos idosos aumentava 2.67% e 5.08% para cada 1°C de incremento na temperatura média nos períodos em que a temperatura estava entre 25 a 28°C e acima de 28°C respectivamente.

Sobre esse mesmo tema, vale citar um estudo caso-controle sobre a

mortalidade relacionada ao calor na América Latina utilizando dados de mortalidade, temperatura e poluição do ar no período de 1998 a 2002. Na cidade de São Paulo, comparando-se os dias cuja temperatura aparente¹ estava no percentil 95% com aqueles no percentil 75%, observou-se um aumento de 5,19% na mortalidade. Quando o modelo foi ajustado para as variáveis ozônio e material particulado (PM 10), o aumento de risco observado foi ainda de 4,43%. Quando se avaliou o excesso de mortalidade relacionado ao calor por faixa etária, o que se encontrou foi que nas faixas etárias de 0 a 15 anos e de 16 a 64 anos o aumento foi insignificante, enquanto na população com 65 anos ou mais o aumento foi de 6,61% (Bell et al., 2008).

Assim, essa tendência a verões mais quentes levanta a preocupação com a saúde da crescente população idosa por sua documentada maior vulnerabilidade ao calor devido a mudanças na termorregulação, uso de medicações e presença de doenças crônicas.

1.2. Cognição e Envelhecimento

O envelhecimento normal está associado a mudanças estruturais e funcionais cerebrais. O volume cerebral diminui, mas de forma não uniforme entre suas diferentes regiões. O córtex frontal é o mais afetado, reduzindo de volume mais rapidamente que os córtices temporais, parietais e occipitais (Haug e Eggers, 1991). Além do córtex frontal, o hipocampo é outra estrutura que também se modifica com o envelhecimento (Raz et al., 2005). Estas alterações mais pronunciadas nestas regiões têm impacto significativo nas funções cognitivas a elas relacionadas, como por exemplo, a função executiva e a memória de trabalho (Drag e Bieliauskas, 2010).

A atenção parece não se alterar significativamente com o envelhecimento normal, no entanto, ela pode ser negativamente afetada por mudanças sensoriais, doenças, dor crônica, medicações e perturbações psicológicas. Como a atenção é um pré-requisito para praticamente todas as

¹Temperatura Aparente é um índice de conforto que tenta refletir a experiência fisiológica da combinação da umidade com a temperatura do ar.

demais funções, é importante avaliá-la, sempre que possível, no intuito de excluir que déficits de atenção sejam a causa de prejuízo em outras funções cognitivas (Craft, Choleton e Reger, 2009).

A atenção sustentada é a habilidade de manter o foco e a vigilância numa fonte de estímulo ou tarefa por um determinado tempo. Ela é um componente fundamental da cognição, sendo necessária em praticamente todas as atividades cotidianas. No entanto, apesar de sua importância, o impacto do envelhecimento normal sobre a atenção sustentada é ainda pouco definido. Enquanto alguns estudos encontraram piora da atenção sustentada com maior declínio por tempo de tarefa e, até mesmo, menor vigilância global, outros não detectaram diferença de desempenho entre adultos jovens e idosos (Staub et al., 2013; Berardi, Parasuraman e Haxby, 2001).

Por outro lado, a atenção seletiva parece ser afetada (Baar, 2000) já que existe diminuição do controle inibitório, levando a maior desinibição e distração (Chao e Knight 1997). A chamada atenção dividida, quando é necessário atenção e processamento da informação de múltiplas origens, também está afetada pelo envelhecimento, particularmente em tarefas complexas (McDowd e Craik, 1988).

Em relação à memória, o envelhecimento não causa um declínio global, mas afeta de modo particular seus diferentes aspectos. A memória episódica, definida como a recuperação consciente de eventos vividos, declina com a idade e tem sido demonstrado que os componentes com maior demanda são mais afetados que outros mais automáticos ou familiares (Nilsson, 2006). Por outro lado a memória remota permanece relativamente intacta (Craft, Choleton e Reger, 2009).

A memória semântica, também referida como inteligência cristalizada, refere-se ao conhecimento objetivo, como por exemplo, a definição das palavras, fatos históricos e o nome de cidades. A memória semântica aumenta com a idade conforme as pessoas ganham conhecimento ao longo da vida. Em contraste, a inteligência fluida, definida como a capacidade de solução de problemas, é sensível à idade (Drag e Bieliauskas, 2010; Horn e Catell, 1967).

A recuperação da informação memorizada está também afetada. Tanto a

memória de reconhecimento quanto a rememoração são sensíveis ao envelhecimento, no entanto, o reconhecimento, por ser um processo relativamente passivo e não dependente de estratégia, altera-se menos que a rememoração (Whiting e Smith, 1997).

As funções de linguagem também permanecem relativamente estáveis com o avançar da idade. A maioria das dificuldades de linguagem relacionadas à idade tem mais relação com recuperação da informação do que com a perda de conhecimento semântico (Drag e Bieliauskas, 2010; Mortenson, Meyers e Humphreys, 2006).

É importante mencionar que, de modo geral, no envelhecimento bem sucedido, a memória permanece adequada às demandas da vida independente (Craft, Choleton e Reger, 2009).

Um dos aspectos que mais sofre prejuízo com o envelhecimento é o aprendizado de novas informações. No entanto, a idade parece afetar diferentemente as memórias explícita e implícita. Está bem estabelecido que a memória explícita, ou seja, a experiência consciente de lembrar informações previamente aprendidas, declina com a idade e a velocidade desse declínio é um importante preditor de demência. Por outro lado, a memória implícita (também chamada de aprendizado implícito) que é uma forma de memória na qual experiências prévias influenciam o comportamento de um indivíduo sem haver rememoração intencional nem consciente dessa experiência, parece ser relativamente preservada durante o envelhecimento (Ward, Berry e Shanks, 2013).

O desempenho em testes neuropsicológicos de função executiva declina discretamente com a idade, mas aparentemente o impacto na vida real é muito pequeno. No entanto, alguns autores sugerem que esse declínio nos testes de função executiva seja decorrente da redução da velocidade de processamento cognitivo (Libon et al., 1994).

Uma área do funcionamento executivo com impacto significativo na vida diária é a memória de trabalho. A memória de trabalho é frequentemente confundida com a memória de curto prazo, na qual uma informação é mantida na memória por um curto período de tempo (por exemplo, um número de

telefone até se alcançar o aparelho). A memória de trabalho, por outro lado, requer a manipulação ativa e o processamento da informação (por exemplo, calcular o troco de uma compra). O envelhecimento tem um maior impacto na memória de trabalho que na memória de curto prazo. Isto pode ser porque a memória de trabalho requer mais recursos cognitivos além da simples retenção (Drag e Bieliauskas, 2010).

A execução de tarefas de avaliação de habilidades viso-espaciais torna-se mais lenta conforme a idade avança e, mesmo quando o tempo não é um limitante, existe certo declínio do desempenho (Libon et al., 1994).

Existe um aumento do tempo de reação relacionado à idade, que se refere tanto à velocidade do processamento cognitivo quanto a mudanças nas habilidades motoras periféricas (Hoogendam et al., 2014). Assim, o desempenho em testes que requeiram velocidade e rapidez de reação a um estímulo, provavelmente, vai piorar com o envelhecimento (Craft, Choleton e Reger, 2009).

A magnitude dessas alterações cognitivas associadas ao envelhecimento e a velocidade em que ocorrem exibem considerável variabilidade interindividual (Wilson, 2002). Outro aspecto relevante é que existe uma dissociação entre as alterações anatomopatológicas e sua expressão clínica. Assim, surgiu o conceito de reserva cognitiva no intuito de explicar essa heterogeneidade. A reserva cognitiva pode ser descrita como um componente passivo (também chamado de reserva cerebral) e um ativo. O conceito de reserva cerebral é definido como a capacidade do cérebro de resistir a determinada quantidade de lesão antes da emergência de sintomas clínicos (Satz, 1993). Já seu componente ativo refere-se à capacidade do cérebro de ativamente compensar uma lesão, por meio do desenvolvimento de estratégias alternativas na solução de um problema quando a abordagem padrão já não é mais possível (Stern, 2002). A escolaridade explica uma significativa parcela da variabilidade cognitiva associada ao envelhecimento (Eclipse, 2010), sendo que até mesmo poucos anos de escolaridade contribuem para uma maior reserva cognitiva (Farfel et al., 2013).

1.3. Termorregulação e Envelhecimento

A temperatura dos tecidos profundos do corpo, chamada temperatura central (T_c), permanece muito constante dentro de uma faixa de mais ou menos $0,6^\circ\text{C}$. As medidas das temperaturas centrais em indivíduos saudáveis mostraram-se em uma faixa entre 36 e $37,5^\circ\text{C}$, na dependência do local da aferição. Por outro lado, a temperatura da pele oscila com a temperatura ambiente (Kelly, 2006).

O mecanismo regulador da temperatura não é perfeito e tem seu limite. A temperatura do corpo eleva-se durante a exposição ao calor intenso e a prática de exercício físico e por outro lado, pode cair para abaixo de $35,5^\circ\text{C}$ em ambientes extremamente frios (Guyton e Hall, 2010).

Muitos estudos epidemiológicos indicam que a T_c de idosos é menor que a de adultos mais jovens. As diferenças relatadas variam bastante e dependem de muitas variáveis como sexo, local da medida e outras, de modo que nem todos os autores concordam em que a T_c muda com o avançar da idade. De qualquer modo, a diferença média relatada na literatura é pequena, sendo de aproximadamente $0,4^\circ\text{C}$, o que é fisiologicamente inócuo (Blatteis, 2011).

Sobre este tema, Shu-Hua et al. (2009) publicaram uma revisão sistemática de 22 estudos que aferiram a temperatura em diferentes locais (oral, retal, axilar, auricular e urinária) e que incluíram idosos da comunidade, moradores de instituições de longa permanência e hospitalizados. Em todos os locais de aferição, a temperatura foi menor nos idosos que nos adultos, sendo observada uma diferença média entre idosos e adultos de $0,2^\circ\text{C}$ na medida auricular, $0,4^\circ\text{C}$ na retal, $0,7^\circ\text{C}$ na oral e $0,3^\circ\text{C}$ na axilar.

Posteriormente, Waalen e Buxbaum (2011) estudaram 18.630 indivíduos brancos, de ambos os sexos, de idade entre 20 e 98 anos e encontraram uma diferença média na temperatura oral inferior a $0,2^\circ\text{C}$. A temperatura média encontrada no total desta amostra foi de $36,28^\circ\text{C}$. No grupo mais jovem (20 a 29 anos) foi de $36,5^\circ\text{C}$ nas mulheres e $36,27^\circ\text{C}$ nos homens, enquanto nos idosos os valores encontrados foram $36,31^\circ\text{C}$ e $36,12^\circ\text{C}$, respectivamente. Assim, embora estas diferenças tenham sido estatisticamente significativas é

improvável que sejam clinicamente relevantes.

No entanto, esta diminuição pode não estar relacionada ao envelhecimento em si, mas sim refletir alterações nutricionais, doenças e efeito de medicações, que são condições frequentes na população geriátrica (Kenney e Munce, 2003). Quando se estudaram idosos saudáveis e, portanto excluindo esses fatores, observou-se que em condições termo neutras de repouso a T_c basal média não diferia entre adultos idosos e mais jovens (Marion, McGann e Camp, 1991).

Keilson et al. (1985) já haviam encontrado resultado semelhante em seu estudo. Eles investigaram a prevalência de baixa temperatura em 97 idosos em atendimento ambulatorial e compararam com as temperaturas de 20 adultos jovens. Não foi detectada nenhuma medida de temperatura urinária (usada como estimativa da T_c) abaixo de $35,5^{\circ}\text{C}$. Além disso, as temperaturas médias foram equivalentes entre os grupos ($36,41^{\circ}\text{C}$ nos idosos e $36,53^{\circ}\text{C}$ nos jovens).

A temperatura corporal é controlada pelo balanço entre a produção e a perda de calor. Quando a produção é maior que a perda, o calor acumula-se no corpo e a temperatura aumenta. Por outro lado, se a perda é maior que a produção, a temperatura do corporal diminui (Blatteis, 2011).

A maior parte do calor produzido pelo corpo é gerada nos órgãos profundos, particularmente no fígado, cérebro e coração e durante o exercício nos músculos esqueléticos. Este calor é, então, transferido destes órgãos até a pele, onde ele é perdido para o ambiente.

Assim, o ritmo no qual o calor é perdido é determinado quase que inteiramente por dois fatores: (1) quão rápido o calor pode ser conduzido de onde ele é produzido nos tecidos profundos até a pele e (2) quão rápido o calor pode ser transferido da pele para o ambiente.

Os vasos sanguíneos são profusamente distribuídos sob a pele. Particularmente importante é um plexo venoso contínuo subcutâneo que é suprido por sangue oriundo dos capilares da pele. Nas áreas do corpo mais expostas como mão, pés e orelhas, o sangue flui diretamente de pequenas artérias através de anastomoses arteriovenosas altamente musculares para o plexo venoso. O volume de sangue que flui através desse plexo pode variar

amplamente, de quase zero até 30% do débito cardíaco.

O calor conduzido do centro do corpo até a pele é proporcional ao fluxo sanguíneo cutâneo o qual é controlado pelo grau de vasoconstrição de arteríolas e anastomoses arteriovenosas que suprem o plexo venoso cutâneo. No estado de vasodilatação máxima, a condutância de calor é oito vezes a condutância no estado de vasoconstrição máxima. Este mecanismo é controlado quase que integralmente pelo sistema nervoso autônomo simpático em resposta às mudanças na T_c e na temperatura ambiente (Guyton e Hall, 2010; Holowatz e Kenney, 2010).

Nos idosos, a atividade simpática induzida pelo frio está significativamente diminuída e tanto a produção quanto a liberação de noradrenalina estão reduzidas (Holowatz e Kenney, 2010). Em consequência desta menor eficácia da vasoconstrição cutânea em resposta ao frio, a habilidade do idoso para reter calor é reduzida, permitindo que sua T_c caia e colocando-o em maior risco de hipotermia (Thompson e Kenney, 2004; Blatteis, 2011).

A resposta vasodilatadora cutânea que leva a um aumento no fluxo sanguíneo cutâneo em resposta ao aumento da T_c também está diminuída no idoso. Existe um atraso no início dessa resposta e uma vasodilatação máxima menor (Holowatz, Thompson-Torgerson e Kenney, 2011). Esta perda da habilidade de vasodilatar parece ter relação com a idade em si, embora o consumo máximo de oxigênio (VO_{2max}) e outros fatores como a aclimatação, o estado de hidratação, doenças e medicações também interfiram (Kenney e Munce, 2003).

A resposta vascular cutânea ao calor faz parte de uma resposta cardiovascular integrada em que o aumento do fluxo de sangue para a pele é equilibrado por uma redução do fluxo para os rins e território esplâncnico, além de um aumento no débito cardíaco. Esta resposta é mediada pela excitação dos nervos simpáticos desses leitos. No idoso, este aumento no débito cardíaco é menor. Isto se deve, provavelmente, a uma diminuição na sensibilidade dos adrenoceptores, neste caso, os receptores betas do coração (Blatteis, 2011; Holowatz, Thompson-Torgerson e Kenney, 2011).

Minson et al. (1998) estudaram a resposta cardiovascular de homens jovens e idosos ao aquecimento passivo até os limites individuais de tolerância térmica. Observaram que a redução no fluxo sanguíneo cutâneo relacionada à idade estava associada a um menor aumento do débito cardíaco, particularmente do volume sistólico, visto que a frequência cardíaca dos idosos aumentou na mesma proporção que a dos jovens; observaram ainda uma menor redistribuição do fluxo sanguíneo da circulação esplâncnica e renal.

Certas condições frequentes na população idosa, como hipertensão arterial, aterosclerose e insuficiência cardíaca, podem prejudicar ainda mais a resposta cardiovascular ao calor (Workfolk, 2000).

O corpo humano perde calor por três mecanismos: irradiação, condução e evaporação. A irradiação ocorre na forma de raios infravermelhos. Se a temperatura do corpo é maior que a do ambiente, uma maior quantidade de calor é irradiada do corpo para o ambiente que do ambiente para o corpo, levando à perda de calor (Inoue, Kuwahara e Araki, 2004; Guyton e Hall, 2010).

A segunda forma é a condução, que é a transferência de energia térmica entre átomos ou moléculas vizinhas devido a um gradiente de temperatura. Assim, a condução de calor do corpo para o ar é autolimitada, a menos que o ar aquecido adjacente à pele seja removido e novo ar não aquecido entre em contato com ela. Este fenômeno é chamado de convecção. Quando o corpo é exposto ao vento, a lâmina de ar adjacente à pele é rapidamente renovada de modo que a perda por convecção aumenta proporcionalmente à velocidade do vento (Guyton e Hall, 2010).

O terceiro mecanismo é a evaporação da água da superfície corporal, levando a uma perda de calor de 0,58 Kcal (quilocaloria) por grama de água evaporada. A evaporação é um mecanismo essencial de perda de calor em temperaturas ambientes superiores à da pele. Quando isto ocorre, o corpo passa a ganhar calor por irradiação e condução e o único mecanismo de perda passa a ser a evaporação (Blatteis, 2011). Portanto, qualquer fator que impeça a evaporação, nessa situação, pode levar à elevação da T_c (Guyton e Hall, 2010).

Dessa forma, o limite superior de temperatura do ar que uma pessoa

pode suportar depende em grande parte da umidade e da velocidade do ar. Existem muitos índices de conforto térmico, que através de equações, atribuem valores aos diferentes fatores envolvidos no balanço térmico humano. Um desses índices é a temperatura efetiva. Temperatura efetiva (ET) é aquela que expressa todas as combinações possíveis de temperatura, umidade e velocidade do ar que produzem sensação térmica comparável à de uma dada temperatura, com ar saturado (umidade relativa de 100%) e parado. Por exemplo, uma temperatura efetiva de 30°C corresponde à sensação térmica de um ambiente com temperatura do ar de 30°C, com umidade relativa de 100% e velocidade do vento próxima a zero. A temperatura efetiva é sempre numericamente inferior à temperatura de bulbo seco (ou temperatura do ar), exceto quando a umidade relativa for de 100%, quando então elas são iguais (Iida, 2005).

A chamada zona de equilíbrio térmico é a faixa de temperatura ambiente em que a Tc humana permanece bastante estável mesmo após longos períodos de exposição. Como o equilíbrio térmico depende do balanço entre a produção e a perda de calor, o limite superior dessa zona não depende somente das condições do ambiente, mas também do nível de atividade física desempenhada. Em situações de atividade física leve, com gasto energético inferior a 200 kcal/h, o limite superior da zona de equilíbrio térmico é de aproximadamente 30°C de ET (Hancock e Vercruyssen, 1988).

Em situações de estresse térmico pelo calor, os seres humanos dependem amplamente de sua capacidade de ativação das glândulas sudoríparas e da capacidade dessas glândulas secretarem o suor para regular a temperatura corporal (Guyton e Hall, 2010). O envelhecimento está associado a menor sudorese durante a exposição ao calor (Inoue et al., 1995). Além disso, observou-se que o limiar de Tc que desencadeia sudorese é maior nos idosos. Esta diminuição da sudorese não é uniforme ao longo do corpo. Aparentemente, este declínio começa nos membros inferiores, depois na região posterior do tronco, então na região anterior, em seguida nos membros superiores e por último na cabeça (Inoue et al, 1991).

Existem dados indicando que este decréscimo na sudorese se dá por

um menor débito de suor por glândula, sendo que o número de glândulas ativas se mantém (Inoue, Kuwahara e Araki, 2004). O que não se sabe é se esse menor débito se dá por alterações estruturais das glândulas (atrofia) ou por menor sensibilidade colinérgica (Sato e Sato, 1983). No entanto, em idades mais avançadas o número de glândulas ativadas pelo calor também diminui. Embora o volume de suor e o fluxo sanguíneo cutâneo sejam regulados separadamente, a produção de suor depende de um fluxo sanguíneo adequado, de modo que o grau de hidratação do indivíduo interfira na produção do suor. Isso significa que o risco de hipertermia aumenta em estados de má hidratação, situação essa frequente entre idosos (Blatteis, 2011).

No entanto, esta relação inversa, idade versus sudorese, foi observada sem o controle de outros fatores concomitantes de influência, particularmente a VO₂max e o peso corporal (Kenney e Munce, 2003). Drinkwater et al. (1995), em um estudo que expôs mulheres a 40°C, observaram correlação entre a VO₂max e a sudorese, mas não entre a sudorese e a idade.

A sensibilidade térmica também diminui com a idade, sendo que a percepção do calor é mais afetada que a do frio. A redução da sensibilidade térmica segue um padrão distal proximal, em que mais precocemente acomete as extremidades inferiores, depois as superiores e por último o centro do corpo (Guergova e Dufour, 2011; Blatteis 2011).

Já foi demonstrado que perda de fibras nervosas periféricas e menor velocidade de condução são dois fatores importantes na diminuição da sensibilidade térmica do idoso, embora outros mecanismos possam estar envolvidos (Guergova e Dufour, 2011; Blatteis 2011).

Assim, alguns mecanismos responsáveis pela termorregulação parecem ser comprometidos pela idade em si, enquanto outros parecem sofrer efeito de fatores relacionados à idade, como sedentarismo, uso de medicações e presença de doenças, mas não da senescência.

Existe concordância na literatura de que os idosos são mais vulneráveis à hipo e hipertermia quando expostos a ambientes frios e quentes respectivamente. E, na verdade, já está bem documentado que a incidência de morbi-mortalidade é maior entre os idosos durante ondas de frio e de calor

(Blatteis, 2011; Astrom, Forsberg e Rocklov, 2011). No entanto, não se deve interpretar essas evidências epidemiológicas como evidências de que a idade por si confere menor tolerância aos extremos ambientais. Relativamente, poucos estudos foram delineados de modo a separar os efeitos da idade de outros fatores concomitantes (por exemplo, VO₂max, níveis de atividade, composição e massa corporais) na determinação da resposta termorregulatória. Quando os efeitos das doenças crônicas e do sedentarismo são minimizados, a tolerância térmica parece ser minimamente comprometida pela idade (Kenney e Munce 2003).

1.4. Cognição e Temperatura

Apesar da resposta fisiológica ao calor ter sido bem documentada, seu efeito sobre a cognição ainda é indefinido. A discrepância metodológica entre os diferentes estudos tem tornado difícil concluir se a exposição ao calor tem ou não um efeito adverso sobre a função cognitiva, quais funções são mais vulneráveis e sob quais condições fisiológicas e ambientais este efeito seria observado (Gaoua, 2010).

As revisões sobre o tema têm identificado diversos fatores potenciais de confusão que podem explicar a inconsistência entre os estudos. Dentre esses fatores podemos incluir a intensidade (a faixa de temperatura) e a duração da exposição, a complexidade e duração das tarefas cognitivas utilizadas, as alterações fisiológicas resultantes do estresse térmico e o nível de habilidade dos participantes (Ramsey e Kwon, 1992; Pilcher, Nadler e Busch, 2002; Gaoua, 2010; Hancock, 1986).

Em relação à intensidade, por exemplo, é possível encontrar estudos que observaram efeito deletério do calor na cognição mesmo em temperaturas que não ultrapassam os 30°C (Hygge e Knez, 2001; Wyon, Andersen e Lundqvist, 1979), enquanto outros, em que os voluntários foram expostos a temperaturas de até 48°C, este efeito não foi observado (Caldwell et al., 2011; Caldwell, Taylor e Patterson, 2012).

Hancock (1986), em sua revisão sobre o efeito do calor na atenção

sustentada, propõe o estado termofisiológico como determinante chave na deterioração do desempenho, de modo que nos estados dinâmicos de elevação da temperatura o desempenho deteriorar-se-ia, enquanto que nos estados de hipertermia mantida ou em exposições sem alteração da T_c o desempenho manter-se-ia. No entanto, neste aspecto também é possível encontrar resultados contraditórios. Nos estudos de Racinais, Gaoua e Grantham (2008) e de Gaoua et al. (2011), não foi observada piora do desempenho no teste de atenção sustentada apesar da elevação da T_c em mais de 1°C , embora nos testes de memória sim. Por outro lado, em outro estudo do mesmo grupo (Gaoua et al., 2012), foi observado piora do desempenho num teste de função executiva mesmo sem ter havido elevação da T_c .

As revisões da literatura sugerem que o prejuízo cognitivo pelo calor é tarefa dependente, sendo tarefas mais simples menos vulneráveis ao efeito do calor que as mais complexas. As tarefas mais simples requereriam menos recursos cognitivos e por isso, apesar da sobrecarga representada pelo rápido aumento da temperatura da pele, poderiam ser executadas sem prejuízo (Gaoua, 2010).

No entanto, Radakovic et al. (2007) e Delignières (1995) tendo exposto voluntários a temperaturas de 40°C e 38°C respectivamente, observaram impacto do calor também sobre o desempenho em testes de tempo de reação considerados de baixa complexidade.

É possível observar discrepâncias até quando se comparam as duas meta-análises mais recentes. A magnitude de efeito obtida na meta-análise de Hancock, Ross e Szalma (2007) é muito semelhante à de Pilcher, Nadler e Busch. (2002) para o frio (magnitude de efeito -0,26 vs -0,25), mas é bastante diferentes para o calor (-0,15 vs -0,29) e para o efeito global (-0,19 vs -0,34).

Nesta meta-análise mais recente, publicada por Hancock, Ross e Szalma 2007, foram incluídos 57 estudos, em 49 publicações, tendo sido identificadas 181 magnitudes de efeito relacionadas ao frio e 347 relacionadas ao calor. A magnitude de efeito global da temperatura (calor e frio juntos) sobre o desempenho encontrada foi de - 0.34, o que indica que o desempenho sob

um estressor térmico provou-se ser, em média, aproximadamente um terço de um desvio padrão pior que o desempenho em condições termoneutras. Este achado confirma a expectativa de que o estressor térmico afeta negativamente o processamento da informação e a capacidade psicomotora humana.

Uma das análises realizadas por Hancock, Ross e Szalma (2007) a respeito do efeito do calor foi usando como divisor a temperatura efetiva de 29,4°C, limite da chamada de zona de equilíbrio térmico. Entretanto, o que se observou foi que a magnitude do efeito do calor sobre o desempenho abaixo e acima dessa divisão era muito semelhante (-0,25 vs -0,27). Por outro lado, observou-se que a variabilidade foi muito maior nos estudos acima de 29,4°C, o que sugere que outros fatores podem ter influenciado o desempenho neste grupo, como o tipo de tarefa e o tempo de exposição.

O efeito do calor sobre a cognição pode se dar pela elevação da temperatura central ou através da percepção da temperatura ambiente pela mudança da temperatura da pele.

Alguns estudos observaram efeito deletério do calor na cognição, mesmo sem aumento da temperatura central (ex: Gaoua et al., 2012; Gaoua et al., 2011). A sensibilidade da função cognitiva às mudanças da temperatura da pele pode ser em parte explicada pelo desconforto que causam, ou seu efeito aliestésico (“alliesthesia”), descrito pela primeira vez por Cabanac (1971).

O sistema nervoso central recebe constantemente informações sobre o ambiente externo. Algumas dessas informações tornam-se conscientes e são referidas como sensações, que podem ter um componente afetivo de prazer ou desconforto. Este aspecto afetivo é um dos determinantes do comportamento em resposta ao ambiente. Cabanac propõe que um estímulo pode ser prazeroso ou não dependendo do meio interno, sendo que um estímulo que leva o corpo em direção ao estado homeostático é interpretado como prazeroso e aquele que leva ao sentido contrário ao estado homeostático como desconfortável. A este fenômeno ele chamou de efeito aliestésico ou aliestesia.

Uma das teorias mais utilizadas para explicar o efeito do estresse sobre o desempenho humano é a do *behavioral arousal*. De acordo com essa teoria, conforme o grau de alerta aumenta, o desempenho melhora até um nível ótimo.

Ultrapassado um determinado limite, o desempenho gradualmente pioraria, enquanto o grau de alerta continua a aumentar (Hancock e Vasmatazidis, 2003). Em relação ao efeito da temperatura ambiente sobre a atenção sustentada, Poulton (1976), citado por Hancock (1986), propõe que o calor de leve intensidade, suficiente para induzir desconforto, levaria à facilitação do desempenho através de um aumento no grau de alerta, até uma situação em que a elevação da T_c e a sobrecarga fisiológica levariam a uma piora no desempenho. No entanto, esta teoria tem sido bastante criticada por seu limitado potencial preditor.

Gaoua (2010) em seu artigo de revisão propõe, tendo por base a publicação de Baars (1997), a Teoria do Espaço Global de Trabalho (*The Global Workspace Theory*) como uma possível explicação para o prejuízo cognitivo em ambientes quentes. Esta teoria afirma que em paralelo à execução adequada de tarefas cotidianas, ocorrem inúmeros processos subconscientes como a manutenção da temperatura do corpo e o mapeamento do corpo no espaço. Em oposição à vastidão do inconsciente, existe uma capacidade consciente estreita e limitada que atua como uma via de acesso e um coordenador dos processos inconscientes.

A Teoria do Espaço Global de Trabalho sugere que a consciência permite que múltiplas redes neuronais cooperem e compitam entre si pela solução de problemas, como por exemplo, recuperar itens da memória de curto prazo (Baars, 1997). No entanto, os humanos teriam uma capacidade cognitiva limitada, devido a diferentes estímulos externos que constantemente competem pelo acesso consciente limitado ao vasto espaço de trabalho a fim de obter um resultado. De modo que, estímulos não prazerosos, como uma mudança abrupta na condição ambiental, podem ser considerados uma sobrecarga cognitiva que causa uma demanda atencional adicional em um espaço de trabalho global limitado, deixando menos recursos disponíveis para as tarefas cognitivas concorrentes (Gaoua 2010).

Outro possível determinante do prejuízo cognitivo pelo calor é a hipertermia em si. A elevação da T_c leva a alterações neurofuncionais detectadas por exames funcionais como, por exemplo, o eletroencefalograma

(EEG) e o potencial evocado visual sustentado (SSVEP - *steady-state visual evoked potentials*).

O padrão de atividade ao EEG, observado com o aumento da Tc, tem sido o mesmo em diferentes estudos (Gaoua, 2010). Um aumento das ondas rápidas ocorre quando a Tc começa a aumentar no início da exposição ao calor, seguido por uma significativa lentificação das ondas quando a Tc está entre 39 e 42°C (Dubois 1980).

Hocking et al. (2001) utilizaram a técnica de SSVEP para estudar o efeito da hipertermia sobre o cérebro. Foi observado um aumento da amplitude e uma diminuição na latência dos potenciais evocados na região frontal, em tarefas de memória de trabalho e na região occipitoparietal, em tarefas de vigilância, durante os estados de elevação da Tc (Tc média 38,7°C) quando comparados com os potenciais evocados obtidos na situação controle (Tc média de 37,3°C). O desempenho nessas tarefas não sofreu efeito deletério do calor. Estes achados sugerem que mais recursos neurais são utilizados a fim de se manter o desempenho durante o estresse térmico.

O efeito da temperatura ambiente sobre a cognição de idosos é um tema praticamente inexplorado. Em ampla pesquisa no Pubmed, foi possível encontrar vários estudos em adultos jovens, mas nenhum em idosos. Quando consideramos que o envelhecimento populacional tem ocorrido paralelamente às mudanças climáticas, e que estas são caracterizadas principalmente pelo aquecimento global, fica evidente a necessidade de se compreender o efeito do calor na saúde dos idosos. Baseados no fato de que o envelhecimento determina alterações na termorregulação e declínio de certas funções cognitivas, nós desenvolvemos este estudo a fim de testar a hipótese de que o calor, em níveis naturalmente observados na cidade de São Paulo, tenha efeito deletério sobre a cognição de idosos saudáveis.

2. OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o efeito da exposição ao calor sobre o desempenho cognitivo de idosos saudáveis.

2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar o efeito do calor sobre a função cognitiva de idosos saudáveis através de uma bateria neuropsicológica computadorizada.
- Avaliar se variáveis sócio-demográficas como idade, gênero, escolaridade e cor, assim como a prática de exercício físico modificam o efeito da temperatura sobre a cognição dos idosos.
- Avaliar se a umidade relativa do ar modula o efeito da temperatura sobre a cognição dos idosos.
- Identificar fatores que expliquem as variações na susceptibilidade ao estresse pelo calor.

3. CASUÍSTICA E MÉTODOS

3. CASUÍSTICA E MÉTODOS

O protocolo de pesquisa foi previamente aprovado pela Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa (CAPPesq) da Diretoria Clínica do Hospital das Clínicas e da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), em sessão de 27/01/2010, sob o número 1075/09.

Este projeto está inserido no e foi financiado pelo Instituto Nacional de Análise Integrada do Risco Ambiental (INAIRA) que é um projeto do Conselho Científico e Tecnológico (CNPq 573813/2008-6), Ministério da Ciência e Tecnologia, para desenvolvimento de Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia, assim como da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP 2008-57717-6).

3.1. Casuística

Foi obtida uma amostra de conveniência composta por idosos oriundos do Ambulatório do Serviço de Geriatria do Hospital das Clínicas da FMUSP e da Universidade Aberta para o Envelhecimento Saudável (UNAPES).

Os critérios de inclusão foram:

- Idade igual ou superior a 60 anos
- Disponibilidade para comparecer em dois momentos na FMUSP
- Escolaridade igual ou superior a 4 anos
- Falar português fluentemente
- Boa saúde física

Os voluntários compareceram para uma avaliação de triagem composta por um curto questionário para coleta de dados sócio-demográficos e de saúde, a medida do peso, aplicação do Mini Exame do Estado Mental (MEEM) (Folstein, Folstein e McHuchet al., 1975; Bertolucci et al., 1994) (anexo 1), da Escala Geriátrica de Depressão de 15 itens (GDS 15) (Yesavage et al., 1982; Almeida e Almeida, 1999) (anexo 2) e da Bateria Curta de Desempenho Físico (*Short Physical Performance Battery – SPPB*), proposta por Guralnik et

al.(1994) (anexo 3).

Foram incluídos na amostra os voluntários que obtiveram:

- Pontuação igual ou superior a 24 no MEEM,
- Pontuação igual ou superior a 10 no SPPB
- Pontuação igual ou inferior a 5 no GDS 15 e
- Índice de massa corporal inferior a 30 kg/m².

A participação foi voluntária e após as informações sobre os procedimentos, todos os participantes assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

3.2. Métodos

Todas as etapas do protocolo foram realizadas num contêiner especificamente projetado para estudos em humanos, conforme a planta (anexo 4).

O espaço interno do contêiner é dividido em uma sala de espera e outra de testes, cada uma equipada com dois aparelhos de ar condicionado com potência de 30.000 *British thermal units* (BTUs) e controle automático de temperatura, mas não de umidade. A sala de testes tem 2,39 m de largura por 1,65m de comprimento e 2,40 m de altura, com volume total de 9.5 m³.

A temperatura e a umidade relativa do ar (RH) foram aferidas e registradas automaticamente a cada 60 segundos por um termo-higrômetro digital (Data Logger Perceptec DHT-2260). Uma medida representativa de cada uma das sessões foi obtida através da média aritmética.

No intuito de obter uma medida objetiva da sensação térmica, foi calculada a temperatura efetiva (ET) média de cada sessão através da fórmula proposta por Missenard (1933):

$$ET = \text{Temperatura do Ar} - 0.4 \times (1 - 0,01 \text{ RH}) \times (\text{Temperatura do Ar} - 10)$$

3.2.1. Protocolo de Testes

Na mesma ocasião da triagem os voluntários realizaram uma sessão de treino da bateria neuropsicológica. Esta primeira aplicação teve por objetivo principal familiarizar os sujeitos com os testes e a interface com o computador. Esta sessão de treino teve também o intuito de diminuir o efeito do aprendizado no resultado dos testes. Uma sessão de prática tem sido frequentemente utilizada em estudos envolvendo medidas repetidas, pois as melhorias entre duas administrações consecutivas tendem a diminuir com a repetição e também pelo fato de a aquisição de estratégias de desempenho ocorrer principalmente na primeira aplicação (Falletti, 2006).

Após um intervalo médio de 7,89 (+- 3,29) dias, os participantes retornaram ao laboratório para realização dos testes.

Os voluntários realizaram a bateria de testes neuropsicológicos em duas condições ambientais. Uma condição de controle com temperatura alvo de 24°C e outra de estresse térmico com meta de temperatura de 32°C. Os participantes que iniciaram o estudo a 24°C, posteriormente foram testados a 32°C e vice-versa. Ambas as sessões foram realizadas no mesmo dia, sempre no período da manhã e separadas por um intervalo de descanso de 30 minutos. Antes de iniciar a bateria cognitiva, todos os indivíduos descansaram na posição sentada na temperatura experimental por um período de adaptação de 20 minutos.

Os participantes foram alocados para iniciar o protocolo a 24 ou 32°C, com base em uma sequência de alocação gerada por computador para 68 voluntários em uma proporção de 1:1. A sequência de alocação foi preparada com antecedência e não foi ocultada dos pesquisadores.

Embora não tenha sido determinada uma vestimenta padrão durante os testes, não foi permitido mudanças, de modo que o vestuário foi exatamente o mesmo em ambas as sessões.

Foram feitas as seguintes medidas antes e após cada sessão de testes, num total de quatro medidas:

- Pressão arterial e frequência cardíaca com esfigmomanômetro automático

digital da marca Omron

- Temperatura axilar com termômetro digital da marca Incoterm.
- Temperatura auricular com termômetro digital com sensor infravermelho da marca Incoterm
- Peso com balança digital da marca G-tech.

Ao final da bateria neuropsicológica, os voluntários responderam à seguinte pergunta referente ao conforto térmico: Em relação à temperatura, o senhor (a) considera que o ambiente está: confortável, levemente desconfortável, moderadamente desconfortável ou muito desconfortável?

O tempo total de permanência de cada voluntário no contêiner foi de aproximadamente três horas conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1 – Protocolo de pesquisa

Tempo	Atividade
00:00	Chegada ao Laboratório e Repouso de 30 minutos Medidas pré-teste: pressão arterial, frequência cardíaca, peso e temperaturas
00:30	Entrada na sala de testes climatizada para primeira temperatura Exposição de 20 minutos à temperatura de teste
00:50	Início da aplicação da primeira bateria de testes neuropsicológicos (aproximadamente 40 minutos)
01:30	Pergunta referente ao conforto Saída da sala de testes Medidas pós-teste: pressão arterial, frequência cardíaca, peso e temperaturas Repouso de 30 minutos
02:10	Medidas pré-teste: pressão arterial, frequência cardíaca, peso e temperaturas Entrada na sala de testes climatizada para segunda temperatura Exposição de 20 minutos à temperatura de teste
02:30	Início da aplicação da segunda bateria de testes neuropsicológicos
03:10	Pergunta referente ao conforto Saída da sala de testes Medidas pós-teste: pressão arterial, frequência cardíaca, peso e temperaturas
03:15	Encerramento

3.2.2. Bateria de Testes Neuropsicológicos - CANTAB

Os testes neuropsicológicos foram selecionados da Bateria Neuropsicológica Automatizada de Testes de Cambridge (*Cambridge Neuropsychological Test Automated Battery - CANTAB*) Eclipse versão 3.0.

A CANTAB foi especificamente desenvolvida para comparação de avaliações cognitivas repetidas. Ela já foi validada e citada em mais de 600 artigos revisados por pares, incluindo estudos com adultos mais idosos (Lowe e Rabbitt, 1998; Jager, Milwain e Budge, 2002), sendo atualmente umas das baterias mais publicadas (Wild et al. 2008). Seus testes são graduados, o que evita o efeito teto em sujeitos com bom desempenho. A apresentação é feita de modo padronizado e o registro da velocidade e acurácia é detalhado e preciso. Os estímulos são abstratos e independentes da linguagem, exigem respostas não verbais e, portanto, são considerados culturalmente independentes.

A CANTAB é computadorizada, executada pelo sistema operacional Microsoft Windows e a interação se faz através da tela de toque e de um dispositivo de resposta fornecido pela própria empresa Cambridge Cognition Ltd, Bottisham Cambridge, UK (CamCog) (figura 1).

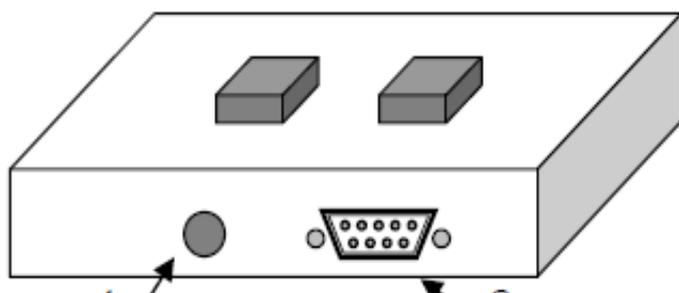


Figura 1 - Caixa de Resposta

A CANTAB oferece opções para aplicações seriadas de seus testes, utilizando os chamados modos paralelos. Os modos paralelos são idênticos na sua estrutura, mas o estímulo oferecido é diferente (figuras e sequências diferentes), o que é essencial para aplicação de testes de memória, mais de

uma vez a fim de se evitar o efeito do aprendizado.

Os roteiros dos testes são fornecidos pela CamCog em inglês. A tradução foi feita conforme descrito a seguir. Duas traduções independentes foram obtidas para todo o texto. Em seguida, três avaliadores julgaram frase a frase qual das duas traduções estava mais adequada. Na última etapa, o texto traduzido foi montado com as frases escolhidas e ajustes finais foram realizados de modo que as instruções ficassem claras. O roteiro foi então novamente traduzido para o inglês e comparado com a versão original.

A CANTAB é composta por mais de 20 testes que podem ser combinados para criar baterias personalizadas. Tendo por base a literatura sobre o efeito do calor e do envelhecimento na cognição, foram escolhidos 5 testes. Os testes foram aplicados em sequências pré-planejadas e variadas com o intuito de contrabalançar os possíveis efeitos causados pelo aumento da temperatura do corpo ao longo da sessão. A duração total da bateria foi entre 40 e 50 minutos.

O programa da CANTAB afere inúmeros resultados para cada teste. A escolha foi pelos resultados que melhor representavam a função cognitiva avaliada e o desempenho global no teste.

Apenas no treino incluiu-se o teste de rastreamento motor (MOT – *motor screening test*), além dos outros cinco testes.

A descrição de cada teste, os modos utilizados e os resultados escolhidos como desfecho estão a seguir:

MOT - *Motor screening test*

O MOT é um procedimento de treino que tem por objetivo apresentar o computador e a tela de toque ao sujeito. Ele também serve como rastreamento para perdas visuais, dificuldades de movimento e de compreensão. Uma série de cruzeiros é mostrada em diferentes localizações da tela, uma de cada vez e o sujeito é orientado a tocar no centro das cruzeiros assim que elas aparecem (Figura 2). O resultado deste treino não foi analisado.



Figura 2 – *Motor screening test* (MOT)

PAL - Paired associates learning

O teste avalia a aprendizagem de pares de associações figura-localização. No modo utilizado, há quatro estágios com duas, três, seis ou oito figuras. Nos três primeiros estágios aparecem seis caixas brancas que vão se abrindo em ordem aleatória. Há figuras em “n” caixas (duas, três ou seis conforme o estágio) (figura 3). O sujeito é orientado a tentar lembrar que figura está em que caixa. Se ele erra, as caixas abrem novamente para que ele tenha uma nova chance de memorizar onde as figuras estavam. Neste modo, o sujeito tem seis chances para acertar todas as caixas. Isto é, se ele acerta, ele passa para a etapa seguinte, se ele erra seis vezes seguidas, o teste encerra-se. Os seguintes resultados foram utilizados: número total de erros ajustado pelo número de estágios não completados e total de acertos na primeira tentativa.

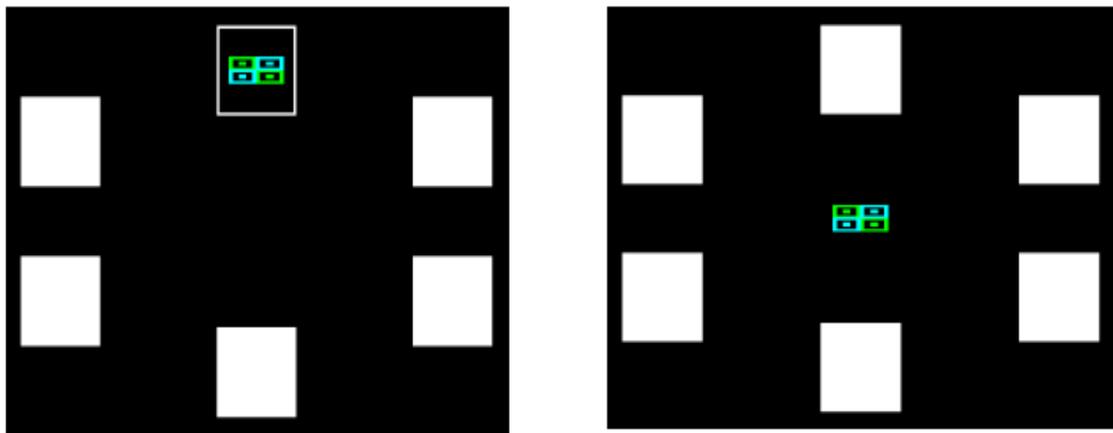


Figura 3 - Paired associates learning (PAL) fase de apresentação (A) e de resposta (B)

PRM - *Pattern recognition memory*

É um teste de memória de reconhecimento visual de padrões, sensível a perturbações do lobo temporal e medial temporal. Neste teste, são apresentadas ao sujeito duas séries separadas de doze padrões, em um quadrado no centro da tela, um a cada três segundos. Após cada série de apresentação, segue-se uma fase de reconhecimento em que dois padrões aparecem de cada vez, um já visto e um novo (figura 4). O sujeito é orientado a tocar no já visto. Foram utilizados os resultados: número total de acertos e latência média de resposta.

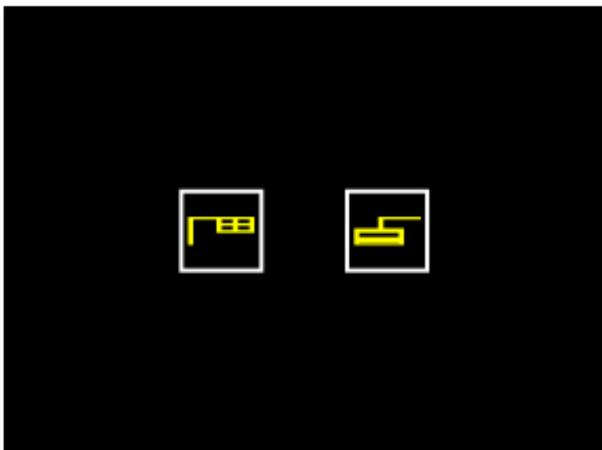


Figura 4 –*Pattern recognition memory* (PRM) - Fase de reconhecimento

RTI - Reaction time

É um teste que mede o tempo de reação simples e de escolha, assim como a velocidade de movimento na execução da tarefa. O modo clínico do teste é constituído por cinco etapas, sendo que as três primeiras são de treino e apenas as duas últimas são pontuadas. Nas fases pontuadas, o sujeito é orientado a manter pressionado o botão da caixa de respostas até que o ponto amarelo apareça na tela, então deve soltá-lo e tocar na tela onde o ponto amarelo aparecer o mais rápido possível. Em uma das fases pontuadas, o ponto amarelo aparece em um círculo central único (tempo de reação simples) (figura 5 A) e na outra ele aparece aleatoriamente em um dos cinco círculos mostrados na tela (tempo de reação com 5 opções) (figura 5 B). Os seguintes resultados foram utilizados: tempo de reação e tempo de movimento com cinco opções.

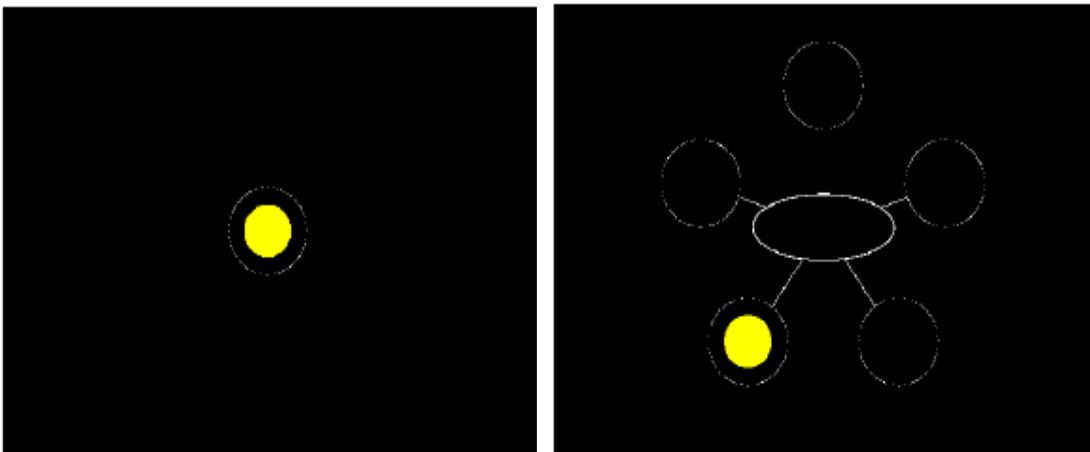


Figura 5 – Reaction time (RTI) - Tempo de reação simples (A) e Tempo de reação com 5 opções (B)

RVP - *Rapid visual information processing*

É um teste de atenção sustentada que reflete o funcionamento de regiões fronto-parietais do cérebro. Neste teste, os algarismos de dois a nove vão aparecendo um de cada vez num quadrado no centro da tela, a uma velocidade de 40 dígitos por minuto. O sujeito é orientado a responder o mais rápido possível apertando o botão da caixa de resposta quando detectar as sequências alvo. O teste é dividido em uma primeira fase de treino que leva cinco minutos, onde há apenas uma sequência alvo: 3 – 5 – 7 (Figura 6 A). No início desta fase, são dadas dicas nos primeiros minutos e depois retiradas gradativamente. Na fase de avaliação, o sujeito deve detectar mais duas sequências além da primeira: 3-5-7; 2-4-6 e 4-6-8 (figura 6 B). Esta fase dura dez minutos e não há dicas. Os seguintes resultados foram utilizados: tempo médio de latência de resposta e A prime (A'). A' é um escore combinado da probabilidade de respostas corretas e de falsos alarmes, cujo valor vai de zero a um, sendo que quanto maior, melhor o desempenho.



Figura 6 – RVP - *Rapid visual information processing* - fase de treino (A) e de avaliação (B).

SSP - *Spatial Span*

É uma versão do teste de blocos de Corsi que avalia memória de trabalho viso-espacial e é sensível a distúrbios do lobo frontal. Um conjunto de dez quadrados brancos é mostrado. Alguns quadrados mudam brevemente de cor numa dada sequência e após o término o sujeito deve tocá-los na mesma ordem (figura 6). O número de quadrados na sequência aumenta a cada sequência correta. Se o sujeito erra, uma nova sequência de mesma extensão é apresentada. Se o sujeito erra por três vezes consecutivas, o teste é encerrado. Os seguintes resultados foram utilizados: extensão da maior sequência alcançada e tempo médio até a última resposta na fase com 3 blocos.

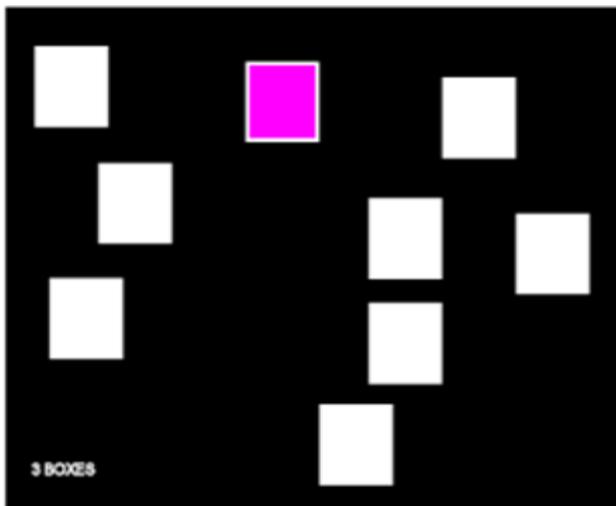


Figura 6 –*Spatial Span* (SSP)

4- ANÁLISE ESTATÍSTICA

4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A inspeção visual dos gráficos quantil-quantil (*Q-Q plots*) foi usada para confirmar a normalidade. Potenciais valores extremos (*outliers*) foram rastreados usando os critérios de Tukey. Como para a maioria das variáveis observou-se razoável presunção de normalidade e não foram detectados valores extremos, a comparação dos parâmetros de desempenho cognitivo e fisiológicos entre as duas sessões foi realizada através de testes t pareados. A análise do efeito do aprendizado no desempenho dos testes da CANTAB também foi feita por teste t pareado.

As análises foram realizadas utilizando o software Stata versão 13.1 (StataCorp, *College Station, TX*). Todos os testes estatísticos foram bicaudados e um nível alfa de menos de 0,05 foi usado para indicar significância estatística. Os resultados são apresentados como média e desvio padrão (DP).

4.1. Cálculos dos Escores Compostos

As pesquisas em neuropsicologia frequentemente envolvem um grande número de variáveis. Uma abordagem usada para lidar com essa multiplicidade é a combinação de testes para formação de escores compostos. Um problema a ser resolvido é que os testes geralmente têm métricas diferentes. Para resolver esta questão, um procedimento comum é converter os dados brutos dos resultados dos testes em escores Z. O escore Z é um número padronizado que representa quão perto um resultado está da média de uma população de referência à que o resultado é comparado, de modo que todos os testes passam a ser medidos em desvios-padrão. Um procedimento frequente em neuropsicologia é redimensionar os escores z (que tem média zero e desvio padrão um) em escores t com uma média 100 (ou 50) e desvio-padrão de 15 (ou 10) de modo a facilitar sua interpretação (Cohen, Sturman e Swerdlik, 2012)

Assim para se obter os escores compostos por domínios, os dados originais dos dez resultados selecionados (dois para cada teste da CANTAB) foram submetidos à transformação exponencial pela técnica de Box-Cox,

sendo possível normalização efetiva para todos os testes. Em seguida, foram obtidos escores Z usando a média amostral como referência. Os testes nos quais os escores mais baixos indicam melhor desempenho tiveram os sinais invertidos de forma que, em todas as medidas derivadas, escores mais altos indicam melhor desempenho. Os escores Z foram então transformados em escore T com média de 100 e desvio padrão de 15. Os escores compostos por domínios foram obtidos pela média simples entre os dois escores T selecionados para cada teste. A comparação entre as duas situações ambientais foi realizada pelo teste t para amostras pareadas.

O escore composto global foi obtido pelos mesmos métodos dos escores compostos por domínios. Nesse caso, foi utilizada apenas uma medida representativa de cada um dos cinco testes, definidas a priori como aquelas que melhor representam a função cognitiva avaliada em cada teste: PRM - número total de acertos, PAL - número total de erros ajustado pelo número de estágios não completados, RTI – tempo de reação com cinco escolhas, SSP – tamanho da maior sequência, RVP A'. A comparação entre as duas condições experimentais também foi realizada pelo teste t para amostras pareadas.

4.2. Análises de Interação

Foram também realizadas análises de interação usando a análise de variância para medidas repetidas (ANOVA) a fim de verificar se o efeito da temperatura na cognição (avaliada pelo escore composto global) foi modificado por características sociodemográficas (idade, sexo, educação, cor), frequência de exercício físico, percepção de conforto (32°C) ou pela umidade relativa registrada durante o protocolo de exposição ao calor. Para esta análise de interação, as variáveis foram estratificadas em dois níveis, usando a mediana.

Esta forma de análise é também chamada de ANOVA fatorial. Por meio dela é possível avaliar ao mesmo tempo o efeito de mais de uma variável independente e como elas interagem. Quando um efeito de interação está presente, o impacto de um fator (neste caso a temperatura de 24°C ou 32°C) sobre a variável dependente (escore composto global) é influenciado pelo nível

(ou categoria) de outro fator (idade, cor, etc ...).

4.3. Modelo de Regressão Linear Multivariada

Adicionalmente, foi também desenvolvido um modelo de regressão linear multivariada a fim de identificar variáveis independentes que explicariam a susceptibilidade ao estresse pelo calor. A variável dependente, ou desfecho, foi o desempenho cognitivo a 32°C avaliado pelo escore composto global. O escore composto global a 24°C e a ordem das sessões de calor e controle foram inseridos no modelo como covariáveis de ajuste. As variáveis independentes ou preditoras foram a idade, o gênero, a cor, a umidade relativa do ar registrada no protocolo de exposição ao calor e a frequência da prática de exercícios físicos. Todas essas variáveis, com exceção da umidade e idade, foram introduzidas como categóricas e dicotômicas. Foram considerados ativos os sujeitos que relataram frequência de exercício físico superior a 3 vezes por semana e quanto à cor, os voluntários foram divididos em brancos e não brancos.

A inserção das variáveis independentes no modelo foi realizada pelo método de inclusão forçada (ou *forced entry*), no qual todos os preditores entram no modelo simultaneamente.

Como foi incluído no modelo de regressão variáveis correlacionadas, nós analisamos a presença de multicolinearidade através da avaliação do fator de inflação da variância (VIF – *variance inflation factor*). As suposições de linearidade do modelo ajustado foram verificadas para cada preditor contínuo pelo gráfico dos componentes-mais-resíduos (*component-plus-residual plots*). O coeficiente de determinação ajustado foi usado para avaliar a qualidade de ajuste (*the goodness-of-fit*) do modelo.

4.4. Cálculo Amostral

Com a finalidade de calcular o tamanho da amostra necessário para esse estudo, tomamos como referência a magnitude de efeito observada em estudos prévios similares. A magnitude de efeito tem o objetivo de fornecer uma dimensão quantitativa dos efeitos de uma intervenção ou condição de forma padronizada, permitindo comparações entre estudos e a obtenção de sínteses que integram medidas de diferentes testes. Em linhas gerais, a magnitude de efeito pode ser calculada através da diferença média dos escores obtidos nas condições de controle e de estresse. A padronização é obtida dividindo-se a diferença obtida pelo desvio padrão da amostra. De acordo com definições arbitrárias, a magnitude de efeito é considerada baixa entre 0,2 e 0,5, moderada entre 0,5 e 0,8 e alta acima de 0,8 (Cohen, 1988).

O tamanho da amostra foi calculado com base nos parâmetros relatados por Hancock, Ross e Szalma (2007) que estudaram as diferenças no desempenho cognitivo em temperaturas de conforto e sob estresse térmico em populações mais jovens. Conforme descrito na sessão anterior, nessa meta-análise que incluiu dados de 57 estudos, o tamanho do efeito global do estressor térmico sobre o desempenho cognitivo foi cerca de um terço de um desvio padrão (d de Cohen 0,34).

O procedimento foi realizado assumindo erro alfa de 5% para testes bicaudados e poder de 80%. Utilizando o teste "t" para amostra única submetida a duas condições, calculamos que um estudo com 68 indivíduos apresentaria poder de 80% para detectar uma diferença com magnitude de efeito de 0,34.

5. RESULTADOS

5. RESULTADOS

5.1. Caracterização da Amostra

Um total de 69 indivíduos (20 homens e 49 mulheres) completaram os protocolos nas duas temperaturas. Um voluntário foi excluído das análises porque a temperatura média registrada na sessão de calor foi consideravelmente abaixo do alvo (30,7°C para uma meta de 32°C).

A idade média da amostra foi de 73,28 anos ($\pm 6,64$ anos), variando de 61 a 88 anos. Em relação à cor, 79,4% eram brancos, 17,6% eram amarelos (orientais) e 2,9% pardos. A escolaridade média foi de 11,51 anos ($\pm 3,82$), sendo que 31 (45,5%) voluntários tinham nível superior completo (tabela 3). A pontuação média no MEEM foi de 28,29 ($\pm 1,62$) e no SPPB de 11,63 ($\pm 0,62$) (tabela 2).

Tabela 2 - Caracterização da mostra

	n	Média	DP	Mediana	Varição Interquartil	Valores Extremos
Idade	68	73,28	6,64	73,00	67-78,5	61-88
Escolaridade	68	11,51	3,82	12	8 – 15	4-15
MEEM	68	28,29	1,62	29,00	27-30	24-30
SPPB	68	11,63	0,62	12,00	11-12	10-12

Desvio Padrão (DP), Mini Exame do Estado Mental (MEEM), Bateria Curta de Desempenho Físico (SPPB).

Em relação à prática de exercício, apenas um quinto relatou ser sedentário e quase a metade realizava exercício físico mais que três vezes na semana (tabela 3).

Tabela 3 - Distribuição da amostra por escolaridade e frequência de exercício físico

Anos de estudo	Categorias		n	%
		4 a 8		19
	9 a 14		18	26,5
	≥ 15 (superior completo)		31	45,6
Frequência Semanal de Exercício Físico	0		13	20,6
	1		6	9,5
	2 ou 3		17	27
	4 ou mais		27	42,9

5.2. Caracterização do Ambiente

A média das temperaturas nas sessões de controle foi de 23,79°C (\pm 0,23) e nas de calor de 32,07° C (\pm 0,30). Nas sessões controle a umidade relativa do ar média foi de 72,5 % (\pm 11,62) com mínima de 46,4% e máxima de 95,7%. Nas de calor a umidade relativa do ar média foi de 57,4%. (\pm 11,13) com mínima de 35% e máxima de 80,6% (tabela 4).

A temperatura efetiva média foi de 22,27°C (\pm 0,53) e 28,3°C (\pm 0,53) na sessões de controle e calor respectivamente (tabela 4).

Tabela 4 – Caracterização do ambiente.

Sessão	Temperatura do Ar			Umidade Relativa do Ar			Temperatura Efetiva		
	Média	DP	DP%	Média	DP	DP%	Média	DP	DP%
Controle	23,78	0,23	0,95	75,54	11,62	16,02	22,27	0,53	2,39
Calor	32,07	0,3	0,95	57,43	11,13	19,39	28,3	0,92	3,27

Desvio Padrão (DP), Desvio Padrão Relativo (DP%).

5.3. Comparação entre os Grupos Alocados para Primeira Sessão a 24° C ou a 32° C

Um total de trinta e dois (47,1%) voluntários realizaram a primeira sessão a 24°C e os demais a 32°C (52,9%). A tabela 5 mostra a comparação entre esses dois grupos. Não se observa diferença entre os grupos em relação

à idade, gênero, escolaridade, pontuação no SPPB e no MEEM.

Em relação ao desempenho no treino da CANTAB, o grupo que iniciou a 24°C foi discretamente melhor no SSP ($p = 0,0364$). O restante da análise estatística não mostrou diferença significativa entre os grupos alocados para cada protocolo (tabela 5).

Tabela 5 - Comparação entre os grupos alocados para primeira sessão a 24°C e a 32°C

Temperatura da 1ª Sessão	24°C (n=32)	32° C (n=36)	Valor de p
Idade	72,87 (5,61)	73,64 (7,50)	0,640
Gênero Feminino	26 (81,25)	21 (58,33)	0,075
Escolaridade	11,72 (3,58)	11,33 (4,07)	0,787
SPPB	11,72 (0,58)	11,56 (0,65)	0,230
MEEM	28,59 (1,52)	28,03 (1,68)	0,170
CANTAB			
PRM N° de Respostas Corretas	20,19 (2,31)	20,58 (2,74)	0,333
PRM Latência de Resposta	3349,51 (897,14)	3193,44 (654,70)	0,416
PAL N° de Acertos na 1ª tentativa	7,25 (2,97)	7,53 (3,50)	0,359
PAL Total de Erros Ajustado	37,50 (18,05)	39,31 (21,22)	0,709
RTI T. de reação com 5 escolhas	404,50 (59,48)	398,86 (53,89)	0,863
RTI T. de movimento 5 escolhas	462,94 (91,58)	485,17 (94,71)	0,503
SSP Maior Sequência Correta	5,25 (0,95)	4,64 (1,15)	0,036
SSP Tempo de Resposta Fase 3	4648,44 (809,16)	4540,67 (686,79)	0,632
RVP A'	0,92 (0,05)	0,95 (0,03)	0,095
RVP Latência Média de Resposta	628,36 (117,25)	584,93 (149,22)	0,075

Pattern Recognition Memory (PRM), Paired Associates Learning (PAL), Reaction Time (RTI), Spatial Span (SSP), Rapid Visual Information Processing (RVP), Mini-Exame do Estado Mental (MEEM), Bateria Curta de Desempenho Físico (SPPB), Tempo (T.)

5.4. Parâmetro Fisiológicos

Observou-se um pequeno aumento da pressão arterial sistólica (PAS) e diminuição da frequência cardíaca após a realização do protocolo de controle. Após o protocolo no calor, a PAS manteve-se estável e a frequência cardíaca aumentou significativamente. O peso não se alterou em nenhuma das duas condições experimentais (tabela 6).

As temperaturas auriculares (TAU) e axilares (TAX) aumentaram significativamente após a exposição ao calor, sendo que as diferenças médias encontradas foram de 0,56 e 0,43°C respectivamente. Não houve alteração da temperatura corporal após a realização do teste a 24 °C (tabela 6).

Tabela 6 – Parâmetros fisiológicos

	Média Pré Teste	Média Pós Teste	Diferença média	Valor de P	D de Cohen
Controle					
PAS	127,32 ± 14,49	132,85 ± 16,01	5,53	0,003	0,36
TAU	36,01 ± 0,94	36,04 ± 0,92	0,03	0,580	0,03
TAX	35,59 ± 0,35	35,54 ± 0,28	-0,05	0,376	-0,09
Peso	65,11 ± 8,7	65,14 ± 8,66	0,03	0,365	<0,01
FC	67,69 ± 9,62	65,8 ± 8,97	-1,88	0,005	-0,2
Calor					
PAS	128,62 ± 15,81	126,44 ± 19,75	-2,18	0,301	-0,12
TAU	35,88 ± 0,86	36,44 ± 0,81	0,56	<0,001	0,67
TAX	35,47 ± 0,57	35,89 ± 0,54	0,43	<0,001	0,77
Peso	65,40 ± 8,49	65,35 ± 8,52	-0,04	0,421	<0,01
FC	66,52 ± 9,67	69,37 ± 11,10	2,86	<0,001	0,27

Controle (24°C), Calor (32°C), Pressão Arterial Sistólica (PAS), Temperatura Auricular (TAU), Temperatura Axilar (TAX), Frequência Cardíaca (FC).

5.5. Conforto Térmico

A pergunta referente ao conforto térmico foi feita a 46 dos 68 voluntários. Devido ao pequeno número em cada categoria de resposta, todas as respostas de desconforto foram analisadas em conjunto (levemente, moderadamente e muito desconfortável). Dentre esses 46, quatro acharam desconfortável somente o ambiente a 24°C e 23 acharam desconfortável somente a 32°C, 12 acharam ambas as temperaturas ambientes confortáveis e 7 acharam ambas desconfortáveis (tabela 7).

Tabela 7 – Conforto térmico

	Confortável a 24°C	Desconfortável* a 24°C	Total
Confortável a 32°C	12	4	16 (34,8%)
Desconfortável a 32°C *	23	7	30 (65,2%)
Total	35 (76,1%)	11 (23,9%)	46

*Somadas as respostas levemente, moderadamente e muito desconfortável.

5.6. Efeito do Aprendizado sobre o Desempenho na CANTAB

O intervalo médio entre o treino e os testes foi de 7,81 ($\pm 3,32$) dias. Em três medidas, a realização do treino não foi capaz de esgotar o efeito de aprendizado e houve diferença entre o primeiro (T1) e o segundo teste (T2). Essas medidas foram: PAL - número total de erros ajustado pelo número de estágios não completados, PAL - número de figuras corretamente colocadas na primeira tentativa e PRM – latência de resposta (tabela 8).

No teste de tempo de reação com 5 escolhas, o RTI, não se observou efeito do aprendizado no tempo de reação nem no tempo de movimento. E na verdade, o tempo de movimento foi maior no segundo teste.

Tabela 8 - Efeito do aprendizado no desempenho na CANTAB

	Teste 1 (T1)	Teste 2 (T2)	Valor de P	D de Cohen
PRM N° de Corretas	20,18 (2,61)	20,03 (2,93)	0,642	0,05
PRM Latência de Resposta	3235,73 (874,23)	2937,14 (864,92)	<0,001	0,34
PAL N° de certos na 1a tentativa	8,03 (3,82)	9,20 (3,58)	0,005	0,32
PAL Total de Erros Ajustado	37,64 (24,46)	30,06 (20,29)	< 0,001	0,34
T. de Reação com 5 escolhas	399,37 (54,84)	393,49 (58,20)	0,256	0,10
T. de Movimento com 5 escolhas	475,81 (82,13)	501,32 (103,70)	0,011	-0,27
SSP Maior Sequência Correta	5,25 (0,85)	5,32 (0,84)	0,439	0,09
SSP T. de Resposta Fase 3	4475,38 (510,88)	4395,50 (506,73)	0,225	0,16
RVP A'	0,95 (0,04)	0,95 (0,04)	0,681	0,04
RVP Latência de Respostas	552,59 (103,91)	550,28 (99,34)	0,836	0,02

Pattern Recognition Memory (PRM), Paired Associates Learning (PAL), Reaction Time (RTI), Spatial Span (SSP), Rapid Visual Information Processing (RVP), Tempo (T.).

5.7. Efeito da Temperatura sobre a Cognição

Nós não encontramos diferenças significativas entre quaisquer medidas individuais ou escores compostos por domínios e escore composto global quando comparamos o desempenho cognitivo sob as duas temperaturas experimentais (tabela 9).

Tabela 9 – Efeito da temperatura no desempenho cognitivo

	n	24°C	32°C	Valor de P
Escore Composto Global	66	100,47 (9,98)	99,63 (9,43)	0,280
Escore Composto PRM	67	100,91 (13,11)	99,09 (11,12)	0,132
PRM N° de Corretas	67	20,16 (2,94)	20,04 (2,60)	0,710
PRM Latência de Resposta	67	3035,22 (899,30)	3137,67 (862,29)	0,191
Escore Composto PAL	66	100,35 (14,83)	99,65 (14,15)	0,610
PAL N° de certos na 1a tentativa	66	8,80 (3,83)	8,42 (3,66)	0,376
PAL Total de Erros Ajustado	66	34,12 (23,33)	33,58 (2,74)	0,793
Escore Composto RTI	68	99,87 (11,41)	100,13 (12,20)	0,820
T. de Reação com 5 escolhas	68	395,01 (58,71)	397,85 (54,42)	0,586
T. de Movimento com 5 escolhas	68	490,68 (89,09)	486,45 (99,41)	0,682
Escore Composto SSP	68	101,03 (11,30)	98,97 (12,51)	0,140
SSP Maior Sequência Correta	68	5,32 (0,80)	5,25 (0,89)	0,439
SSP T. de Resposta Fase 3	68	4487,29 (532,61)	4383,59 (481,54)	0,100
Escore Composto RVP	68	100,49 (12,82)	99,51 (11,07)	0,41
RVP A'	68	0,95 (0,05)	0,95 (0,04)	0,627
RVP Latência de Respostas	68	547,08 (98,83)	555,79 (104,23)	0,436

Pattern Recognition Memory (PRM), Paired Associates Learning (PAL), Reaction Time (RTI), Spatial Span (SSP), Rapid Visual Information Processing (RVP)

5.8. Análise de Interação

O efeito da exposição ao calor no desempenho cognitivo avaliado pelo escore composto global não foi modificado pela idade ($p=0,684$), gênero ($p=0,179$), escolaridade ($p=0,053$), cor ($p=0,735$) ou percepção de conforto a 32°C ($p=0,893$).

Os níveis de umidade registrados durante o protocolo de exposição ao calor modificaram significativamente o efeito da temperatura sobre o

desempenho cognitivo avaliado pelo escore composto global ($p = 0,0018$; figura 7). O subgrupo exposto à umidade maior que 57,82% (valor mediano da amostra) apresentou pior desempenho cognitivo na sessão de calor quando comparado com a sessão de controle no escore composto global, assim como nos escores compostos do PAL, SSP e RTI (tabela 10). Não foram observadas diferenças significativas no subgrupo exposto à umidade baixa (tabela 10).

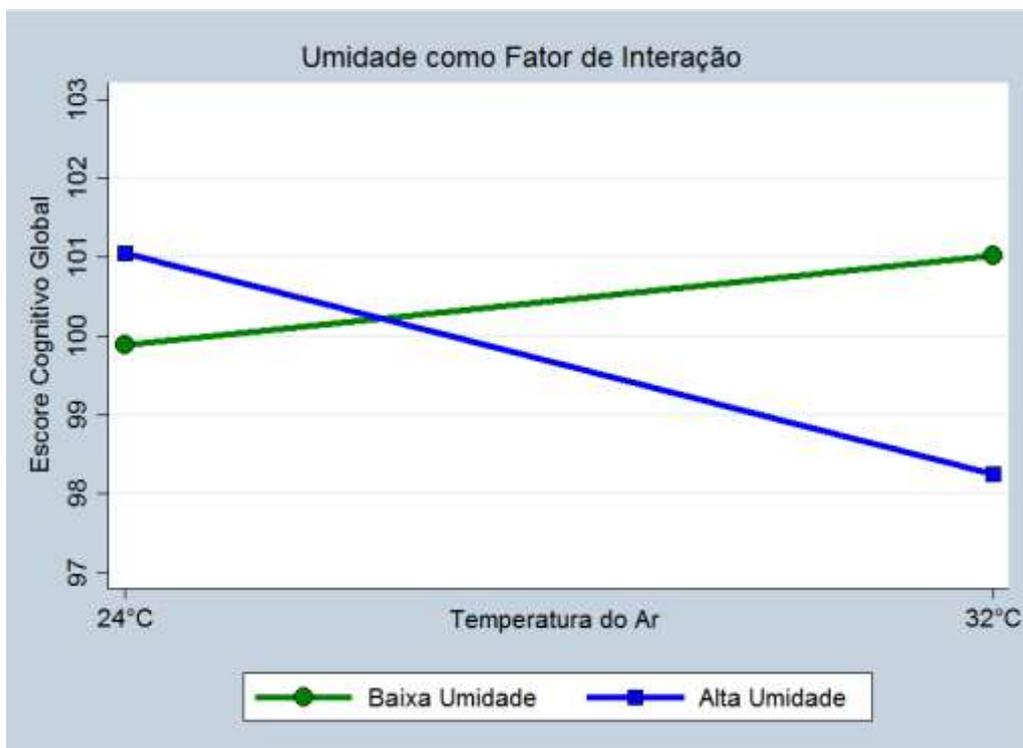


Figura 7 – Interação entre o Efeito do Calor e da Umidade na Cognição

Tabela 10 - Efeito da temperatura no desempenho cognitivo nos subgrupos expostos a alta e baixa umidade

	n	24°C *	32°C *	p *	D de Cohen
Alta Umidade					
Escore Composto Global	30	101,22 (11,24)	97,72 (10,34)	0,002	-0,32
PRM Escore Composto	31	100,93 (13,68)	98,56 (10,92)	0,182	-0,19
PAL Escore Composto	30	102,00 (15,85)	96,66 (15,21)	0,016	-0,34
RTI Escore Composto	32	102,13 (11,72)	99,33 (12,7)	0,04	-0,23
SSP Escore Composto	32	100,84 (12,69)	96,78 (12,66)	0,045	-0,32
RVP Escore Composto	32	100,28 (14,7)	98,81 (11,34)	0,372	-0,11
Baixa Umidade					
Escore Composto Global	33	99,88 (9,22)	101,02 (8,72)	0,283	0,13
PRM Escore Composto	33	101,79 (12,8)	99,54 (11,94)	0,193	-0,18
PAL Escore Composto	33	99,34 (14,39)	102,38 (13,39)	0,077	0,22
RTI Escore Composto	33	97,21 (10,91)	100,13 (11,83)	0,125	0,26
SSP Escore Composto	33	101,62 (10,3)	101,31 (12,09)	0,882	0,03
RVP Escore Composto	33	99,50 (10,66)	99,13 (10,75)	0,838	0,04

*Pattern Recognition Memory (PRM), Paired Associates Learning (PAL), Reaction Time (RTI), Spatial Span (SSP), Rapid Visual Information Processing (RVP). *Teste t pareado.*

A frequência de exercício também modificou o efeito da temperatura sobre o desempenho cognitivo ($p=0.014$; figura 8). Os voluntários que relataram praticar exercício físico com menor frequência (≤ 3 vezes por semana) apresentaram uma tendência a pior desempenho cognitivo no escore composto global, PRM e SSP e um desempenho significativamente pior no RVP ($p=0.03$) durante a sessão de calor. Não foram observadas diferenças significativas no subgrupo de voluntários com níveis mais elevados de atividade física (tabela 11).

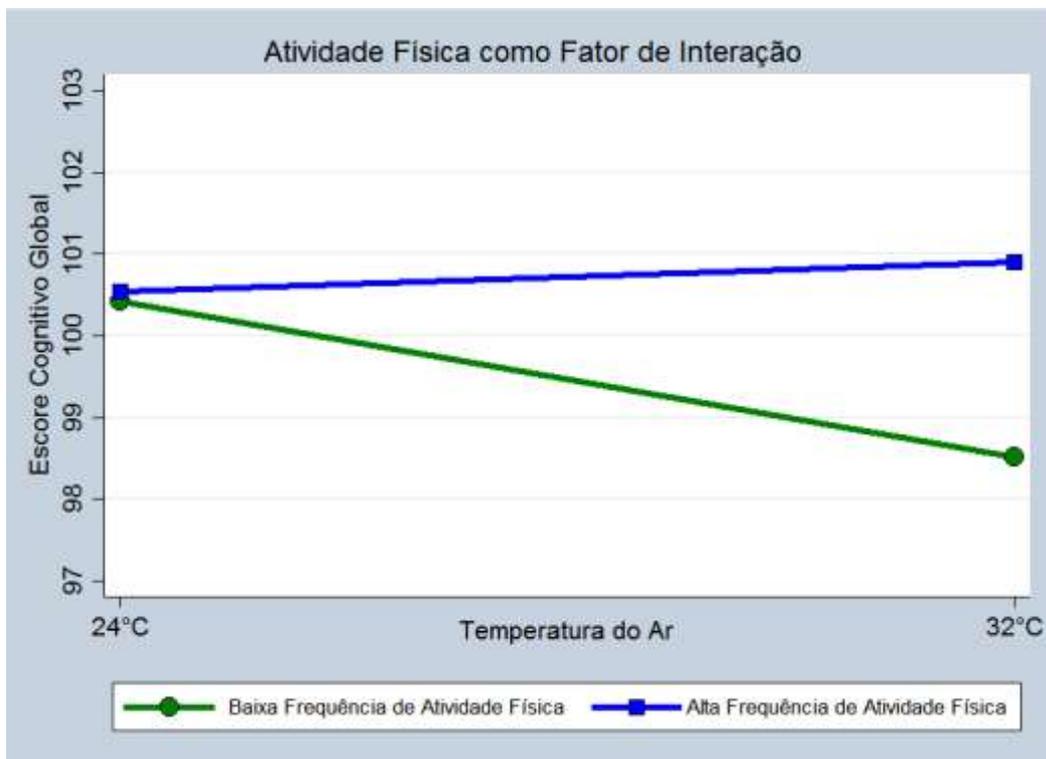


Figura 8 - – Interação entre o Efeito da Temperatura e da Frequência de Exercício Físico na Cognição

Tabela 11 - Efeito da temperatura no desempenho cognitivo do subgrupo menos ativo

	n	24°C *	32°C *	Valor de p *	D de Cohen
Baixa Frequência de Atividade Física					
Escore Composto Global	35	100,41 (9,75)	98,51 (8,82)	0,052	-0,20
PRM Escore Composto	36	100,51 (12,56)	97,91 (11,17)	0,09	-0,22
PAL Escore Composto	35	98,09 (14,25)	97,36 (12,53)	0,672	-0,05
RTI Escore Composto	36	100,66 (13,00)	100,54 (14,57)	0,942	0,00
SSP Escore Composto	36	102,40 (11,44)	90,05 (12,49)	0,085	0,28
RVP Escore Composto	36	102,23(11,58)	99,37 (9,98)	0,030	-0,26
Alta Frequência de Atividade Física					
Escore Composto Global		99,93 (10,39)	101,62 (10,27)	0,125	0,16
PRM Escore Composto		101,45 (14,11)	101,37 (10,83)	0,970	0,01
PAL Escore Composto		102,55 (15,87)	104,29 (0,371)	0,371	0,11
RTI Escore Composto		99,57 (9,38)	100,66 (8,87)	0,527	0,12
SSP Escore Composto		99,19 (11,81)	99,55 (13,62)	0,877	0,03
RVP Escore Composto		99,12 (14,16)	100,07 (12,34)	0,667	0,07

*Pattern Recognition Memory (PRM), Paired Associates Learning (PAL), Reaction Time (RTI), Spatial Span (SSP), Rapid Visual Information Processing (RVP) *Teste t pareado.*

5.9. Modelo de Regressão

Foram incluídos no modelo os 58 casos completos, isto é, aqueles em que todas as variáveis foram obtidas.

Em um modelo de regressão linear completamente ajustado, o desempenho cognitivo sob o calor foi negativamente associado à umidade relativa do ar, com um β de -0,21 ($p=0,007$). Isto significa que, quando todas as

demais variáveis são mantidas constantes, para cada desvio padrão de aumento na umidade relativa do ar está associada uma redução no escore composto global de 0,21 desvios padrão (tabela 12).

Entre as demais características dos participantes, a única preditora foi a frequência de exercício físico ($\beta = 0,18$; $p = 0,020$). O que significa que, sob o estresse pelo calor, sujeitos fisicamente mais ativos apresentaram escore composto global 0,18 desvio padrão maior quando comparados aos sujeitos menos ativos.

O VIF máximo foi de 1,3 e a média foi de 1,23, indicando que a multicolinearidade não foi um problema. A suposição de linearidade foi observada para todas as variáveis independentes. O valor de F encontrado foi de 20,92 ($p < 0,001$). O coeficiente de determinação ajustado (Adjusted R-squared) foi de 0,74, indicando que o ajuste do modelo aos dados foi adequado.

Tabela 12 – Preditores da susceptibilidade ao estresse pelo calor em um modelo de regressão linear totalmente ajustado.

	β	B	SE	t	Valor de P
Umidade Relativa (%)	-0,21	-0,18	0,06	-2,82	0,007
Fisicamente Ativos (Sim/ Não)*	0,18	3,48	1,44	2,41	0,020
Idade (anos)	-0,12	-0,17	0,11	-1,54	0,13
Gênero (masculino)	0,06	1,34	1,62	0,83	0,413
Escolaridade (anos)	-0,07	-0,17	0,20	-0,87	0,390
Cor (Branca Sim/ Não)	0,02	0,43	1,81	0,24	0,814
Escore Composto Global a 24°C	0,81	0,78	0,07	10,6	<0,001
Ordem das sessões (32°C primeiro)	-0,02	-0,38	1,46	-0,26	0,797

Coefficiente beta padronizado (β), coeficiente beta não padronizado (B), erro padrão (SE). *Definido como aqueles que se exercitavam pelo menos 4 vezes por semana.

6 – DISCUSSÃO

6. DISCUSSÃO

Até onde sabemos, este é o primeiro estudo delineado para investigar os efeitos da exposição ao calor sobre o desempenho cognitivo de idosos. Os resultados principais mostraram que idosos saudáveis conseguiram manter o desempenho cognitivo, mesmo em tarefas complexas, quando expostos à temperatura do ar de 32°C. No entanto, nas análises secundárias, observamos que num nível maior de estresse térmico, resultante da maior umidade relativa do ar, o desempenho cognitivo sofreu efeitos deletérios, além do fato de que indivíduos menos ativos demonstraram ser mais vulneráveis aos efeitos do calor.

Nossa hipótese era que, de modo semelhante ao que ocorre no delirium, a exposição ao calor poderia ser considerada uma agressão ao funcionamento cerebral, a que sujeitos com menor reserva cognitiva seriam mais vulneráveis e responderiam com piora no desempenho cognitivo. Como citado, o conceito de reserva cognitiva foi originalmente proposto para explicar discrepâncias entre a patologia cerebral e seu impacto na função cognitiva (Stern, 2002), tendo sido mais recentemente extrapolado ao contexto das agressões transitórias, como observado no delirium (Jones et al., 2010). Assim, nossa expectativa era de que a magnitude do efeito do calor sobre a cognição dos idosos seria maior que a relatada em estudos com adultos jovens, o que não foi observado. Além disso, na análise de interação, a escolaridade, que é um dos indicadores de reserva cognitiva (Eclipse, 2010), não foi um fator modificador do efeito do calor sobre a cognição. Do mesmo modo, o número de anos de estudo não foi um preditor da susceptibilidade ao estresse térmico no modelo de regressão.

Um aspecto que deve ter influenciado os resultados foi a aptidão física dos participantes. Todos apresentavam desempenho físico bom, segundo a SPPB, pois este foi um critério de inclusão. Mais de 60% deles relataram praticar exercícios físicos pelo menos duas vezes por semana (tabela 3). É descrito na literatura que, ao menos parte da piora na termorregulação relacionada ao envelhecimento, como a redução da sudorese (Drinkwater et al.,

1982) e do fluxo sanguíneo cutâneo, seja devida à queda na VO₂max, e que portanto, idosos com bom condicionamento físico poderiam manter sua capacidade termorreguladora semelhante à de um adulto jovem (Kenney e Munce, 2003). A prática de exercício físico também tem efeito protetor tanto na estrutura quanto na função cerebral (Davenport et al, 2012). Em estudos de coorte prospectiva, níveis mais altos de atividade física, geralmente mensurados por questionários, estão associados a menor risco de declínio cognitivo e demência, mesmo após o controle para fatores de confusão como idade, educação e comorbidades (Kramer e Erickson., 2007). E de fato, nossos dados mostraram um efeito protetor do exercício à exposição ao calor. Embora nós não tenhamos obtido uma medida específica da aptidão física, na análise de interação, nós observamos que o efeito do calor sobre a cognição foi modificado pela frequência de exercícios, sendo que os participantes menos ativos foram mais vulneráveis ao efeito do calor, especialmente no teste de atenção sustentada (RVP). E reforçando esta associação, num modelo de regressão linear totalmente ajustado, a frequência de exercícios mostrou-se positivamente associada ao desempenho cognitivo no calor. Muito provavelmente este efeito protetor do exercício esteja sendo subestimado, visto que o grupo menos ativo era heterogêneo, não sendo composto somente por sujeitos sedentários, mas também por aqueles que relataram exercitar-se até três vezes por semana (tabela 3). Em um estudo transversal, realizado nos anos de 2001- 2002, que entrevistou 1950 idosos do estado de São Paulo e que avaliou o nível de atividade física pelo Questionário Internacional de Atividade Física, encontrou-se que menos de 30% dos idosos praticavam exercício físico pelo menos uma vez por semana (Zaitane et al., 2010). Portanto, a frequência de exercício físico em nossa amostra foi bastante superior à média da população paulista, o que possivelmente limita a validade externa de nossos resultados para a população idosa em geral da cidade de São Paulo.

Outro aspecto que pode limitar a validade externa é a escolaridade relativamente alta da amostra. Segundo os dados do IBGE, em mais da metade dos 96 distritos do Município de São Paulo (56 distritos), o nível de

escolaridade da população em 2000 não alcançava a média de oito anos de estudo, que é o equivalente ao ensino fundamental obrigatório. A disparidade entre os distritos é grande. A escolaridade média nos distritos mais centrais, como Pinheiros e Moema, é de aproximadamente 11 anos, enquanto nos distritos mais periféricos, como Paralheiros e Jardim Angela, ela é inferior a 6 anos (IBGE, 2012).

Em relação ao experimento, podemos levantar alguns aspectos relevantes.

A temperatura do protocolo de calor foi inferior à de vários experimentos publicados, alguns dos quais utilizaram até 50°C (Racinais, Gaoua e Grantham, 2008; Gaoua et al., 2012). A temperatura de 32°C foi escolhida a fim de representar um dia quente de verão na cidade de São Paulo. Poderíamos ter usado um estímulo mais intenso, possivelmente com maior efeito sobre a cognição, mas não teria sido representativo do clima na cidade de São Paulo. Segundo as informações da Estação Meteorológica do IAG-USP, o verão, que é a estação mais quente do ano, tem média de temperatura na cidade de São Paulo de 21,3°C. Embora tenha sido registrado em janeiro e fevereiro de 2014 um recorde de temperatura máxima absoluta de 36,1°C, a temperatura na capital Paulista não ultrapassa os 32°C frequentemente, sendo que a média das temperaturas máximas registradas no verão desde 1933 é de 27,8°C (IAG/USP 2013).

Ainda sobre a temperatura utilizada, vale mencionar que a exposição ao calor foi suficiente para aumentar tanto a temperatura auricular quanto a axilar com uma magnitude de efeito moderada em ambas. Considerando que a temperatura efetiva média no protocolo de calor foi de 28,31°C (percentil 95% de 29,98°C), esta elevação nas temperaturas corporais sugere que o limite superior da zona de equilíbrio térmico possa ser inferior em idosos.

O controle da temperatura ambiente na sala de testes foi bastante satisfatório. As médias das temperaturas durante os testes de controle e de calor foram muito próximas às metas e a variabilidade foi pequena. No entanto, a umidade relativa do ar variou bastante entre os experimentos.

É sabido que a umidade relativa do ar influencia a sensação térmica e a

capacidade termorreguladora e é, portanto, um fator importante no desempenho sob o calor. Em ambientes em que uma alta temperatura do ar combina-se a uma alta umidade relativa do ar, impõe-se uma sobrecarga ao sistema termorregulador pela redução da perda de calor por evaporação. Dependendo da intensidade do estímulo nestas condições, as perdas não evaporativas e respiratórias podem não conseguir compensar a redução na evaporação do suor levando ao acúmulo de calor no corpo (Moyen et al., 2014).

Embora virtualmente todos os estudos relacionados ao efeito do calor no desempenho humano tenham relatado os valores de umidade relativa do ar, poucos foram desenvolvidos para avaliar a influência da umidade. Quando a temperatura do ar é mantida constante, quanto maior a umidade, maior a intensidade do estímulo térmico. Por outro lado, diversos valores de temperatura do ar e de umidade relativa podem ser combinados para produzir uma mesma sensação térmica, medida, por exemplo, pela temperatura efetiva ou WBGT² (*Wet Bulb Globe Temperature*).

Sharma, Puchan e Panwar (1983) avaliaram o desempenho cognitivo numa ampla faixa de temperaturas do ar combinadas à umidade relativa de 55 (calor úmido) ou 25% (calor seco), resultando em temperaturas efetivas de 25 a 35°C. O padrão de deterioração do desempenho conforme a elevação da temperatura foi semelhante nas condições de calor úmido e seco. Em ambas, observa-se uma temperatura limite em que ocorre uma abrupta piora na eficiência. Esse ponto foi a 33,3°C no calor seco e a 32,2°C na condição de maior umidade, mostrando que, a piora no desempenho dá-se a uma temperatura inferior quando a umidade é maior.

Mais recentemente, Vasmatazidis, Schlegel e Hancock. (2002), também avaliaram o efeito da umidade relativa do ar no desempenho cognitivo sob o calor, testando três níveis de WBGT: 22, 28 e 34°C. Neste estudo, a WBGT de 34°C foi obtida com a temperatura do ar de 44 e 37°C associados a umidade relativa de 30 e 70% respectivamente. O desempenho nos testes de memória de trabalho e psicomotricidade foi significativamente pior no clima com a

² O WBGT é o índice de estresse térmico mais utilizado hoje em dia. Ele considera o efeito da temperatura do ar, da umidade, da velocidade do vento e da radiação infravermelha.

umidade a 70%. Mostrando que mesmo quando a escala WBGT registra uma mesma sensação térmica, a umidade interfere negativamente no desempenho.

Em nosso estudo, apesar da umidade não ter sido controlada, ela foi adequadamente registrada, possibilitando incluí-la nas análises. Assim, a umidade relativa do ar registrada no protocolo de exposição ao calor mostrou-se como um significativo fator modulador do efeito da temperatura sobre a cognição. O subgrupo exposto à maior umidade apresentou piora no desempenho cognitivo global, na memória de trabalho e no aprendizado, assim como maior tempo de reação. Confirmando esse achado, num modelo de regressão linear totalmente ajustado, a umidade relativa do ar na sessão a 32°C esteve negativamente relacionada ao desempenho cognitivo.

Na meta-análise de Hancock et al. (2007), foram feitas também análises por tipo de tarefa, tendo por base os estágios do processamento da informação (percepção, cognição e psicomotricidade). Na análise dos estudos com temperatura efetiva de até 29,4°C, encontrou-se magnitude de efeito do calor nas tarefas cognitivas de -0,34 (D de Cohen). A semelhança deste valor com os encontrados em nossas análises (do subgrupo exposto a maior umidade relativa no protocolo do calor - tabela 10) sugere que o efeito do calor na cognição de idosos saudáveis talvez não seja maior que o observado em adultos jovens.

Embora não haja consenso na literatura, o estado de hidratação parece influenciar negativamente o desempenho cognitivo (Masento et al., 2014), e pode ser um fator de confusão quando se estuda o efeito da temperatura. Em diversos estudos, os voluntários desidrataram durante a exposição ao calor, o que pode ter influenciado negativamente o desempenho cognitivo (McMorris et al., 2006; Parker et al., 2013; Caldwell, Patterson e Taylor, 2012). Em nosso estudo, podemos presumir que não houve desidratação, pois não houve variação do peso dos voluntários após a exposição ao calor.

Em relação ao conforto térmico, uma parcela não desprezível (34,8%) considerou confortável a temperatura de 32°C. Conforme observado em estudos prévios, o envelhecimento parece diminuir a sensibilidade térmica, principalmente ao calor (Guergova e Dufour, 2011). O baixo desconforto pode

ter influenciado nossos resultados. Como citado acima, o efeito do calor sobre a cognição pode ser mediado, pelo menos em parte, por seu efeito aliestésico (*alliesthesia*) (Cabanac, 1971), ou seja, pelo desconforto que ele causa ao afastar o corpo de seu estado homeostático. Em nosso estudo o conforto térmico não foi um fator modulador da relação entre estresse térmico e o desempenho cognitivo, com um valor de p de 0,89 para a interação.

Uma questão metodológica relacionada à repetição de testes neuropsicológicos é que, a melhora no desempenho com a prática pode mascarar o efeito de outros fatores sobre a mudança nos escores. Apesar da sessão de treino, ainda foi observado efeito do aprendizado entre o primeiro e o segundo teste em três das dez medidas da CANTAB (tabela 6). Esta constatação indica que a estratégia de balancear a ordem de exposição às temperaturas foi fundamental para garantir uma análise independente sobre o efeito do calor. Pela mesma razão, a ordem dos protocolos foi inserida no modelo de regressão linear múltipla como covariável de ajuste. Portanto, podemos afirmar que o efeito do aprendizado não foi um viés em nossos resultados.

A escolha dos testes que compunham a bateria neuropsicológica aplicada foi baseada nos estudos disponíveis sobre o efeito do calor na cognição. Além disso, tentamos representar as funções cognitivas consideradas mais sensíveis ao envelhecimento. No entanto, não foi possível avaliar todas as funções potencialmente suscetíveis ao estresse pelo calor, como por exemplo, funções executivas envolvendo raciocínio, julgamento e inibição (Gaoua et al., 2011; Gaoua et al., 2012; Parker et al., 2013; Hancock, Ross e Szalma, 2007; Pilcher, Nadler e Busch, 2002).

É de interesse mencionar o que a nosso ver são as duas principais limitações metodológicas. A primeira é que o tamanho amostral, embora tenha sido significativamente maior que o de estudos prévios, pode não ter sido grande o suficiente para demonstrar diferenças de desempenho com pequena magnitude de efeito.

O tamanho amostral é um aspecto que chama a atenção na maioria dos estudos. Exceção feita aos estudos realizados com estudantes publicados por

Hygge e Knez (2001) com 128 e Wyon, Andersen e Lundqvist (1979) com 72 indivíduos, nenhum outro estudo consultado avaliou mais que 50 voluntários, sendo que a maioria utilizou amostras inferiores a 20 indivíduos.

A segunda limitação é que a umidade relativa do ar variou consideravelmente entre os experimentos, com potencial perda de poder estatístico.

Por outro lado, alguns aspectos positivos também devem ser pontuados. A temperatura foi rigorosamente controlada, a ordem de exposição às temperaturas foi balanceada e a avaliação neuropsicológica foi baseada em testes bem padronizados escolhidos para avaliar uma variedade de funções cognitivas.

7- CONCLUSÕES

7. CONCLUSÕES

- Nossos resultados principais mostraram que idosos com bom desempenho físico e cognição normal conseguiram manter o desempenho cognitivo quando expostos à temperatura ambiente de 32°C.
- As variáveis sócio-demográficas - idade, gênero, escolaridade e cor - não modificaram o efeito do estresse térmico sobre a cognição.
- Entre as características dos participantes, a única preditora de susceptibilidade ao estresse pelo calor foi a frequência de exercício físico. Diferentemente dos sujeitos mais ativos, os sujeitos menos ativos mostraram-se vulneráveis ao efeito do calor.
- A umidade relativa do ar também modificou significativamente o efeito do calor sobre o desempenho cognitivo. Indivíduos expostos a níveis mais elevados de estresse térmico, devido à maior umidade relativa do ar, apresentaram piora no desempenho cognitivo.
- Esses resultados apontam para a necessidade de estudos com umidade do ar controlada e avaliações mais precisas da aptidão física e capacidade aeróbia com intuito de confirmar esses achados.

REFERÊNCIAS

REFERÊNCIAS

- Almeida OP, Almeida SA. Short versions of the geriatric depression scale: a study of their validity for the diagnosis of a major depressive episode according to ICD-10 and DSM-IV. *Int J Geriatr Psychiatry*. 1999; 14(10):858-65.
- Astrom DO, Forsberg B, Rocklov J. Heat wave impact on morbidity and mortality in the elderly population: A review of recent studies. *Maturitas* 2011; 69:99–105.
- Baars BJ. In the theatre of consciousness. Global Workspace Theory. A rigorous scientific theory of consciousness. *J Conscious Stud* 1997; 4: 292–309.
- Barr R, Giambra L. Age-related decrement in auditory selective attention. *Psychol Aging* 2000; 5(4):597-599.
- Basu R, Samet JM. Relation between elevated ambient temperature and mortality: a review of the epidemiologic evidence. *Epidemiol Rev*. 2002; 24(2):190-202.
- Bell ML, O'Neill MS, Ranjit N, Borja-Aburto VH, Luis A Cifuentes LA, Gouveia NC. Vulnerability to heat-related mortality in Latin America: a case-crossover study in São Paulo, Brazil, Santiago, Chile and Mexico City, Mexico. *Int J Epidemiol*. 2008; 37:796–804.
- Berardi A, Parasuraman R, Haxby J. Overall vigilance and sustained attention decrements in healthy aging. *Exp Aging Res* 2001; 27(1):19-39.
- Bertolucci PH, Brucki SM, Campacci SR, Juliano Y. The Mini-Mental State Examination in a general population: impact of educational status. *Arq Neuropsiquiatr* 1994; 52(1):1-7.
- Blatteis CM. Age-Dependent Changes in Temperature Regulation. *Gerontology* 2012; 58 (4):289-95.
- Cabanac, M. Physiological role of pleasure. *Science* 1971; 173:1103-1107.
- Caldwell JN, Patterson MJ, Taylor NAS. Exertional thermal strain, protective clothing and auxiliary cooling in dry heat: evidence for physiological but not cognitive impairment. *Eur J Appl Physiol* 2012; 112:3597–3606.
- Caldwell JN, Engelen L, Van der Henst C, Patterson MJ, Taylor NA. The interaction of body armor, low-intensity exercise, and hot-humid conditions on physiological strain and cognitive function. *Mil Med*. 2011; 176 (5): 488-493.
- Chao L, Knight R. Prefrontal deficits in attention and inhibitory control with aging. *Cereb Cortex*. 1997;7(1):63-69.

Cohen RJ, Sturman ED; Swerdlik ME. A Ciência das Medidas Psicológicas. Testagem e Avaliação Psicológica: Introdução a Testes e Medidas. 8ª ed. McGraw Hill Education, 2012. Parte II cap.3, p. 77-116.

Cohen, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. 2nd Ed Hillsdale, NJ. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

Craft S, Choleton B, Reger M. Cognitive Changes Associated with Normal and Pathological Aging. In: Halter JB, Ouslander JG, Tinetti ME, Studenski S, Kevin PH, Asthana S. Hazzard's Geriatric Medicine e Gerontology. Sixth Ed. The McGraw-Hill Companies, 2009. Cap. 62, p. 751-765.

Davenport MH, Hogan DB, Eskes GA, Longman RS, Poulin MJ. Cerebrovascular Reserve: The Link between Fitness and Cognitive Function? *Exerc Sport Sci Rev.* 2012 Jul; 40(3):153-8.

Delignières D. Effects of heat stress and time on task on reaction time. IXth European Congress on Sport Psychology. Bruxelles, 1995 (FEPSAC).

Drag LL, Bieliauskas LA. Contemporary Review 2009: Cognitive Aging. *J Geriatr Psychiatry Neurol* 2010; 23(2): 75-93.

Drinkwater BL, Bedi JF, Louks AB, Roche S, Horvath SM. Sweating sensitivity and capacity of women in relation to age. *J Appl Physiol.* 1982; 53: 671–676..

Dubois M, Sato S, Lees DE, Bull JM, Smith R, White BG, Moore H, MacNamara TE. Electroencephalographic changes during whole body hyperthermia in humans. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1980; 50: 486–495.

EClipSE Collaborative Members. Education, the brain and dementia: neuroprotection or compensation? *Brain.* 2010; 133: 2210–2216.

Falleti MG, Maruff P, Collie A, Darby DG. Practice effects associated with the repeated assessment of cognitive function using the CogState battery at 10-minute, one week and one month test-retest intervals. *J Clin Exp Neuropsychol.* 2006 Oct; 28(7):1095-112.

Farfel JM, Nitrini R, Suemoto CK, Grinberg LT, Ferretti RE, Leite RE, Tampellini E, Lima L, Farias DS, Neves RC, Rodriguez RD, Menezes PR, Fregni F, Bennett DA, Pasqualucci CA, Jacob Filho W. Brazilian Aging Brain Study Group. Very low levels of education and cognitive reserve: a clinicopathologic study. *Neurology.* 2013 Aug 13;81(7):650-7.

Folstein MF, Folstein SE, McHuch PR. "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiatr Res.* 1975 Nov; 12(3):189-98.

- Gaoua N. Cognitive function in hot environments: a question of methodology. *Scand J Med Sci Sports*. 2010; 20 (Suppl. 3): 60–70.
- Gaoua N, Grantham J, Racinais S, Massioui FE. Sensory displeasure reduces complex cognitive performance in the heat. *J Environ Psychol*. 2012; 32: 158-163.
- Gaoua N, Grantham J, Massioui FE, Girard O, Racinais S. Cognitive decrements do not follow neuromuscular alterations during passive heat exposure. *Int J Hyperthermia*. 2011; 27(1):10-9.
- Guergova S, Dufour A. Thermal sensitivity in the elderly: A review. *Ageing Res Rev*. 2011; 10: 80–92.
- Guralnik JM, Simonsick EM, Ferruci L, Glynn RJ, Berkman LF, Blazer DG, Scherr PA, Wallace RB. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *J Gerontol. A Biol Sci Med Sci* 1994; 49(2):M85-94.
- Guyton AC, Hall JE. Regulação da Temperatura Corporal e Febre. Guyton e Hall Fundamentos de Fisiologia. 12a Ed. Elsevier, 2010. Cap. 73, p. 549-556.
- Hancock PA. Sustained attention under thermal stress. *Psychol Bull*. 1986; 99 (2) : 263-281.
- Hancock PA, Vasmatazidis I. Effects of heat stress on cognitive performance: The current state of knowledge. *Int J Hyperthermia*. 2003;19: 355–372.
- Hancock PA, Ross JM e Szalma JL. A meta-analysis of performance response under thermal stressors. *Hum Factors*. 2007; 49 (5): 851–877.
- Hancock PA, Vercruyssen M. Limits of behavioral efficiency for workers in heat stress. *Int J Ind Ergon*. 1988; 3 (2): 149–158.
- Haug H, Eggers R. Morphometry of the human cortex cerebri and corpus striatum during aging. *Neurobiol Aging*. 1991; 12(4): 336-338.
- Hocking C, Silberstein RB, Lau WM, Stough C, Roberts W. Evaluation of cognitive performance in the heat by functional brain imaging and psychometric testing. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol*. 2001; 128: 719–734.
- Holowatz LA, Kenney WL. Peripheral mechanisms of thermoregulatory control of skin blood flow in aged humans. *J Appl Physiol*. 2010; 109: 1538–1544.
- Holowatz LA, Thompson-Torgerson C, Kenney WL. Aging and the control of human skin blood flow. *Front Biosci*. 2011 ; 15: 718–739.

Hoogendam YY, Hofman A, van der Geest JN, van der Lugt A, Ikram MA. Patterns of cognitive function in aging: the Rotterdam Study. *Eur J Epidemiol*. 2014; 29:133–140.

Horn J, Cattell R. Age differences in fluid and crystallized intelligence. *Acta Psychol (Amst)*. 1967; 26(2):107-129.

Hygge S, Knez I. Effects of noise, heat and indoor lighting on cognitive performance and self-reported affect . *J Environ Psychol*. 2001; 21: 291-299.

IAG-USP (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo). Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP/ Seção Técnica do Serviço Meteorológico v 16, 2012 – São Paulo (<http://www.estacao.iag.usp.br/Boletins/2012.pdf>).

IAG-USP (Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo). Boletim Climatológico Anual da Estação Meteorológica do IAG/USP/ Seção Técnica do Serviço Meteorológico v 16, 2013 – São Paulo (<http://www.estacao.iag.usp.br/Boletins/2013.pdf>).

IBGE; 2012. Rio de Janeiro (RJ) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Resultados Gerais da Amostra. (<http://www.ibge.gov.br> e <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>).

lida, Itiro. Ergonomia: Projeto e Produção. 2a Ed. São Paulo: E. Blucher, 2005. cap. 16, 491-522.

Inoue Y, Kuwahara T, Araki T. Maturation and aging-related changes in heat loss effector function. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*. 2004; 23: 289–294.

Inoue Y, Nakao M, Araki T, Murakami H Regional differences in the sweating responses of older and younger men. *J Appl Physiol*. 1991; 71: 2453–2459.

Inoue Y, Nakao M, Okudaira S, Ueda H, Araki T. Seasonal variation in sweating responses of older and younger men. *Eur J Appl Physiol*. 1995; 70: 6–12.

IPCC (2013) Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The physical Science Basis. Stocker TF, Qin D,. Plattner G.-K, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley PM (eds.). Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jager CA, Milwain E, Budge M. Early detection of isolated memory deficits in the elderly: the need for more sensitive neuropsychological tests. *Psychol Med*. 2002 Apr; 32(3):483-91.

Jones RN, Fong TG, Metzger E, Tulebaev S, Yang FM, Alsop DC, Marcantonio ER, Cupples LA, Gottlieb G, Inouye SK. Aging, brain disease and reserve: implications for delirium. *Am J Geriatr Psychiatry*. 2010 Feb; 18(2):117-27.

Keilson L, Lambert D, Fabian D, Thebarg j, Ackerson T, Palomaki G, Turgeon W. Screening for hypothermia in the ambulatory elderly: The Maine Experience. *JAMA* 1985 Oct 4; 254(13):1781-4.

Kelly G. Body temperature variability (Part 1): a review of the history of body temperature and its variability due to site selection, biological rhythms, fitness, and aging. *Altern Med Rev*. Dec. 2006; 11(4):278-93.

Kenney WL, Munce T.A. Invited Review: Aging and human temperature regulation. *J Appl Physiol*. 2003; 95:2598-2603.

Kramer FK, Erickson KI. Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends Cogn Sci*. 2007 Aug; 11(8):342-8.

Lowe C, Rabbitt P. Test/re-test reliability of the CANTAB and ISPOCD neuropsychological batteries: theoretical and practical issues. *Neuropsychologia*, 1998; 36 (9), 915–923.

Libon DJ, Glosser G, Malamut BL, Kaplan E, Goldberg E, Swenson R, Sands LP. Age, executive functions, and visuospatial functioning in healthy older adults. *Neuropsychology*. 1994; 8(1):38-43.

Marion GS, McGann KP, Camp DL. Core body temperature in the elderly and factors which influence its measurement. *Gerontology* 1991; 37(4):225-32.

Masento NA, Golightly M, Field DT, Butler LT, van Reekum CM. Effects of hydration status on cognitive performance and mood. *Br J Nutr*. 2014 May 28; 111(10):1841-52.

McDowd JM, Craik FIM. Effects of aging and task difficulty on divided attention performance. *J Exp Psychol Hum Percept Perform*. 1988; 14(2): 267-280.

McMorris T, Swain J, Smith M, Corbett J, Delves S, Sale C, Harris RC, Potter J. Heat stress, plasma concentrations of adrenaline, noradrenaline, 5-hydroxytryptamine and cortisol, mood state and cognitive performance. *Int J Psychophysiol*. 2006 Aug; 61(2):204-15.

Minayo, MCS. O envelhecimento da população brasileira e os desafios para o setor saúde. *Cad. Saúde Pública*. Rio de Janeiro 2012; 28(2):208-209.

Minson CT, Wladkowski SL, Cardell AF, Pawelczyk JA, Kenney WL. Age alters the cardiovascular response to direct passive heating. *J Appl Physiol*. 1998; 84:

1323–1332.

Missenard FA. Etude physiologique et technique de la ventilation. Encyclopédie industrielle et commerciale. Paris: L. Eyrolles, 1933.

Mortenson L, Meyers A, Humphreys G. Age-related effects on speech production: a review. *Lang Cogn Process*. 2006; 21(1):238-290.

Moyen NE, Ellis CL, Ciccone AB, Thurston TS, Cochrane KC, Brown LE, Coburn JW, Judelson DA. Increasing Relative Humidity Impacts Low-Intensity Exercise in the Heat. *Aviat Space Environ Med*. 2014; 85 (2): 112-9.

Nilsson LG. Memory function in normal aging. *Acta Neurol Scand Suppl*. 2003; 179:7–13.

Parker SM, Erin JR, Pryor RR, Khorana P, Suyama J, Guyette FX, Reis SE, Hostler D. The effect of prolonged light intensity exercise in the heat on executive function. *Wilderness Environ Med* 2013; 24: 203–210.

Pilcher JJ, Nadler E, Busch C. Effects of hot and cold temperature exposure on performance: a meta-analytic review. *Ergonomics*. 2002; 45: 682-698.

Racinais S, Gaoua N, Grantham J. Hyperthermia impairs short-term memory and peripheral motor drive transmission. *J Physiol* 2008; 586 (19):4751–4762.

Radakovic SS, Maric J, Surbatovic M, Radjen S, Stefanova E, Stankovic N, Filipovic N. Effects of acclimation on cognitive performance in soldiers during exertional heat stress. *Mil Med* 2007; 172: 133–136.

Ramsey JD, Kown YG. Recommended alert limits for perceptual motor loss in hot environments. *Int J Ind Ergon* 1992; 9: 245-257.

Raz N, Lindenberger U, Rodrigue K, Kennedy KM, Head D, Williamson A, Dahle C, Gerstorf D, Acker J. Regional brain changes in aging healthy adults: general trends, individual differences and modifiers. *Cereb Cortex*. 2005; 15(11):1679-1689.

Sato K, Sato F. Individual variations in structure and function of human eccrine sweat gland. *Am J Physiol* 1983; 245:R203–208.

Satz P. Brain reserve capacity on symptom onset after brain injury: A formulation and review of evidence for threshold theory. *Neuropsychology*. (1993); 7: 273–295.

Sharma VM, Pichan G, Panwar MR. Differential effects of hot-humid and hot-dry environments on mental functions. *Int Arch Occup Environ Health*. 1983;

52(4):315-27.

Shu-Hua L, Leasure AR, Da YT. A systematic review of body temperature variations in older people. *J Clin Nurs* 2009; 19: 4-16.

Simmons SE, Saxby BK, McGlone FP, Jones DA. The effect of passive heating and head cooling on perception, cardiovascular function and cognitive performance in the heat. *Eur J Appl Physiol*. 2008 Sep; 104(2):271-80.

Staub B, Doignon-Camus N, Després O, Bonnefond A. Sustained attention in the elderly: what do we know and what does it tell us about cognitive aging? *Ageing Res Rev*. 2013; 12(2):459-68

Stern Y. What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *J Int Neuropsychol Soc*. 2002; 8: 448–460.

Thompson CS, Kenney WL. Altered neurotransmitter control of reflex vasoconstriction in aged human skin. *J Physiol*. 2004; 558: 697–704.

Vasmatazidis I, Schlegel RE, Hancock PA. An investigation of heat stress effects on time-sharing performance. *Ergonomics*. 2002 Feb 20; 45(3):218-39.

Waalén J, Buxbaum Jn. Is Older Colder or Colder Older? The Association of Age With Body Temperature in 18,630 Individuals. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2011; 66(5):487–92

Ward EV, Berry CJ, Shanks DR. Age effects on explicit and implicit memory. *Front Psychol*. 2013; 4: 1-11.

Whiting WL, Smith AD. Differential age-related processing limitations in recall and recognition tasks. *Psychol Aging*. 1997; 12(2):216-224.

Wild K, Howieson D, Webbe F, Seelye A, Kaye J. Status of computerized cognitive testing in aging: A systematic review. *Alzheimers Dement* 2008; 4: 428–437.

Wilson RS, Beckett L A, Barnes LL, Schneider JA, Bach J, Evans D A, Bennett DA. Individual differences in rates of change in cognitive abilities of older persons. *Psychol Aging* (2002); 17(2): 179–193.

World Health Organization. Good health adds life to years. Global brief for World Health Day 2012. Printed by the WHO Document Production Services, Geneva, Switzerland. Document number: WHO /DCO/WHD /2012.2.

Worfolk JE. Heat Waves: Their impact on the health of elder. *Geriatr Nurs*. 2000; 21:70-7

Wyon DP, Andersen I, Lundqvist GR. The effects of moderate heat stress on mental performance. *Scand J Work Environ Health* 1979; 5(4):352-361.

Yesavage JA, Brink TL, Rose TL, Lum O, Huang V, Adey M, Leirer VO. Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *J Psychiatr Res.* 1982-1983; 17(1):37-49.

Yu W, Mengersen K, Wang X, Ye X, Guo Y, Pan X, Tong S. Daily average temperature and mortality among the elderly: a meta-analysis and systematic review of epidemiological evidence. *Int J Biometeorol.* 2012; 56: 569–581.

Zaitane MPA, Barros MBA, César CLG, Carandina L, Goldbaum M, Alvez MCGP. Fatores associados à prática de atividade física global e de lazer em idosos: Inquérito de Saúde no Estado de São Paulo (ISA-SP), Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, 2010 ago; 26(8):1606-1618.

Zanon RR, Moretto AC, Rossana LR. Envelhecimento populacional e mudanças no padrão de consumo e na estrutura produtiva brasileira. *Rev Bras Estud Popul.* 2013; 30: S45-S67.

ANEXOS

ANEXO 1 - MINI-EXAME DO ESTADO MENTAL

Orientação Temporal	5 pontos	Evocação	3 pontos
<input type="checkbox"/> Dia <input type="checkbox"/> Mês <input type="checkbox"/> Ano <input type="checkbox"/> Dia da Semana <input type="checkbox"/> Hora aproximada		<input type="checkbox"/> Carro <input type="checkbox"/> Bola <input type="checkbox"/> Vaso	
		Nomeação	2 pontos
		<input type="checkbox"/> Relógio <input type="checkbox"/> Caneta	
Orientação Espacial	5 pontos	Repetição	1 ponto
<input type="checkbox"/> Local específico <input type="checkbox"/> Local Geral <input type="checkbox"/> Bairro ou Rua Próxima <input type="checkbox"/> Cidade <input type="checkbox"/> Estado		<input type="checkbox"/> Nem aqui, nem ali, nem lá	
		Comando	3 pontos
		<input type="checkbox"/> Pegue esse papel com a mão direita <input type="checkbox"/> Dobre-o ao meio <input type="checkbox"/> Coloque-o no chão	
Memória Imediata	3 pontos	Leitura	1 ponto
<input type="checkbox"/> Carro <input type="checkbox"/> Bola <input type="checkbox"/> Vaso		<input type="checkbox"/> Feche os olhos	
		Escrita	1 ponto
Cálculos	5 pontos	<input type="checkbox"/> Frase	
<input type="checkbox"/> 100-7 <input type="checkbox"/> 93-7 <input type="checkbox"/> 86-7 <input type="checkbox"/> 79-7 <input type="checkbox"/> 72-7		Cópia do Desenho	1 ponto
		<input type="checkbox"/> Pentágonos interseccionados	

ANEXO 2 – ESCALA DE DEPRESSÃO GERIÁTRICA

Você está basicamente satisfeito com sua vida?	Sim	<u>Não</u>
Você deixou muitos de seus interesses e atividades?	<u>Sim</u>	Não
Você sente que sua vida está vazia?	<u>Sim</u>	Não
Você se aborrece com frequência?	<u>Sim</u>	Não
Você se sente de bom humor a maior parte do tempo?	Sim	<u>Não</u>
Você tem medo que algum mal vá lhe acontecer?	<u>Sim</u>	Não
Você se sente feliz a maior parte do tempo?	Sim	<u>Não</u>
Você sente que sua situação não tem saída?	<u>Sim</u>	Não
Você prefere ficar em casa a sair e fazer coisas novas?	<u>Sim</u>	Não
Você se sente com mais problemas de memória do que a maioria?	<u>Sim</u>	Não
Você acha maravilhoso estar vivo?	Sim	<u>Não</u>
Você se sente um inútil nas atuais circunstâncias?	<u>Sim</u>	Não
Você se sente cheio de energia?	Sim	<u>Não</u>
Você acha que sua situação é sem esperanças?	<u>Sim</u>	Não
Você sente que a maioria das pessoas está melhor que você?	<u>Sim</u>	Não
TOTAL		

ANEXO 3 – BATERIA CURTA DE DESEMPENHO FÍSICO
(SHORT PHYSICAL PERFORMANCE BATTERY - SPPB)

Teste de Equilíbrio	4 pontos
1ª Posição: Pés unidos em paralelo. . <input type="checkbox"/> < 10" - 0 ponto. Marque o tempo ____ . ____ . <input type="checkbox"/> > 10" - 1 ponto. Passe para a 2ª posição.	1 ponto
2ª Posição: Hálux encostado na borda medial do calcanhar. <input type="checkbox"/> < 10" - 0 ponto. Marque o tempo ____ . ____ . <input type="checkbox"/> >10" - 1 ponto. Passe para a 3ª posição.	1 ponto
3ª Posição: Hálux encostado na borda posterior do calcanhar. <input type="checkbox"/> < 3" - 0 ponto. Marque o tempo ____ . ____ .. <input type="checkbox"/> () 3" > e ≤ 9" 99 - 1 ponto <input type="checkbox"/> () >10" - 2 pontos	2 pontos
Teste de Velocidade de Marcha	4 pontos
<p>Caminhar normalmente como se fosse atravessar a rua. Repetir 2 vezes o teste. Pode ser utilizado meio auxiliar de marcha, exceto cadeira de rodas.</p> <p>Tempo de Ida _____</p> <p>Tempo da Volta _____</p> <p>Escolher o melhor tempo para a pontuação, assinalando o quadrado abaixo.</p> <input type="checkbox"/> < 4" 82 - 4 pontos <input type="checkbox"/> 4." 82 > e ≤ 6" 20 - 3 pontos <input type="checkbox"/> 6" 21 > e ≤ 8" 70 - 2 pontos <input type="checkbox"/> > 8" 70- 1 ponto <input type="checkbox"/> Incapaz - 0 ponto.	
Teste de Força do Membros Inferiores	4 pontos
<p>Primeiro realizar um Pré-teste: levantar-se apenas 1 vez da cadeira. Repita o teste 5 vezes consecutivas o mais rápido possível, com os Membros superiores cruzados sobre peito e marque o tempo: _____</p> <input type="checkbox"/> > 16" 70 - 1 ponto <input type="checkbox"/> 13" 70 > e ≤ 16" 69 - 2 pontos <input type="checkbox"/> 11" 20 > e ≤ 13" 69 - 3 pontos <input type="checkbox"/> < 11" 19 - 4 pontos <input type="checkbox"/> Incapaz ou tempo > 60" 0 ponto.	

Pontuação Final do SPPB

Soma Total das pontuações nos 3 Testes: _____

0 a 3 pontos – incapacidade ou desempenho muito ruim

4 a 6 pontos – baixo desempenho

7 a 9 pontos – moderado desempenho

10 a 12 pontos – bom desempenho

ANEXO 4 – PLANTA DO LABORATÓRIO

