



CATOLICA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO E PSICOLOGIA

PORTO

OS EFEITOS DO CONSUMO DE CAFÉ NA MEMÓRIA DE TRABALHO
DOS ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS: ESTUDO EXPLORATÓRIO
COM *fNIRS*

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para
obtenção do grau de mestre em Psicologia

- Especialização em Psicologia Clínica e da Saúde -

Rita Neves da Costa Monteiro Grilo

Porto, Julho 2025



CATOLICA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO E PSICOLOGIA

PORTO

OS EFEITOS DO CONSUMO DE CAFÉ NA MEMÓRIA DE TRABALHO
DOS ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS: ESTUDO EXPLORATÓRIO
COM *fNIRS*

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para
obtenção do grau de mestre em Psicologia

- Especialização em Psicologia Clínica e da Saúde -

Rita Neves da Costa Monteiro Grilo

Trabalho efetuado sob a orientação de
Professora Doutora Patrícia Batista

Porto, Julho 2025

Agradecimentos

A conclusão desta dissertação representa, não apenas o culminar de um percurso académico, mas também o reflexo do apoio, dedicação e presença de muitas pessoas que, de formas diferentes, caminharam ao meu lado. A todos, o meu mais sincero obrigado.

À Professora Doutora Patrícia Batista, minha orientadora, expresso um profundo agradecimento pela orientação atenta, pelo rigor científico, e sobretudo pela paciência constante. A sua capacidade de me acompanhar com dedicação, de responder às minhas inúmeras dúvidas - sempre com um toque subtil do seu humor característico - fez toda a diferença neste processo. Obrigada por nunca ter desistido de me orientar.

À Professora Doutora Patrícia Oliveira-Silva, o meu sincero reconhecimento pela disponibilidade em ceder o acesso ao HNL, tornando possível a concretização desta investigação. Sem esse apoio logístico, esta investigação não teria saído do papel.

Ao Engenheiro Pedro Ribeiro, agradeço de forma muito especial pelo acompanhamento técnico incansável, pela prontidão com que respondeu a cada dificuldade informática e pela generosidade com que partilhou o seu conhecimento em todas as etapas do processo. A sua ajuda foi verdadeiramente indispensável.

Ao Doutor Miguel Ferreira e à Professora Ana Moreno, deixo um agradecimento especial pela disponibilidade e apoio ao longo de todo o processo. A presença de ambos em várias recolhas e a ajuda prestada sempre que foi necessário foram cruciais para a realização deste trabalho. Um agradecimento ainda à Professora Ana Moreno pelo contributo específico no paradigma da tarefa n-back, cuja colaboração foi essencial nesta fase da investigação.

Agradeço, também, a todos os estudantes que participaram neste estudo. Num período marcado por aulas, avaliações e responsabilidades académicas, mostraram-se disponíveis, colaborativos e pacientes durante todo o processo experimental. Obrigada por dedicarem o vosso tempo, mesmo em plena fase de exames ou estudo, para contribuírem para esta investigação. A vossa participação foi fundamental para tornar este trabalho possível.

Aos meus amigos, agradeço profundamente por estarem presentes em todas as fases deste percurso. O vosso apoio constante, a escuta atenta, os incentivos certos nos momentos certos e a capacidade de fazerem tudo parecer mais leve foram fundamentais para que este caminho fosse possível e, acima de tudo, mais feliz. Obrigada por fazerem parte desta etapa tão marcante da minha vida.

Às minhas amigas da faculdade, obrigada por todos os dias partilhados, pelas chamadas de estudo, pelas pausas que sabiam a alívio e pelas palavras que tantas vezes me motivaram. Foram mais do que colegas - foram companheiras deste caminho, de superação e de conquistas.

Aos meus amigos de sempre, fora do contexto acadêmico, obrigada por me darem equilíbrio, por me fazerem rir quando eu mais precisava e por me lembrarem que, mesmo nos dias mais exigentes, havia sempre um lugar de conforto onde podia simplesmente ser eu. A vossa presença foi o meu abrigo.

À minha família, deixo o agradecimento mais sentido. O vosso amor incondicional, a vossa presença constante e a confiança que sempre depositaram em mim foram a base para este meu percurso. Obrigada por me apoiarem em cada passo e dificuldade e por celebrarem as minhas conquistas. Esta conquista é o reflexo do vosso apoio inabalável, e partilho-a convosco com todo o orgulho e gratidão.

Por fim, ao meu avô, que partiu há poucos dias, deixo uma palavra silenciosa e especialmente sentida. Obrigada por tudo o que foste enquanto estiveste cá. Onde quer que estejas, espero que estejas orgulhoso de mim e deste caminho que também levo em teu nome. Esta conquista também é tua.

A cada um de vocês, o meu mais profundo obrigada.

Resumo

O consumo de café é comum entre estudantes do ensino superior, sendo frequentemente associado a melhorias na atenção, memória e desempenho cognitivo. Este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do café na memória de trabalho, integrando dados sociodemográficos, desempenho em tarefas cognitivas e registos neurofisiológicos obtidos por espectroscopia funcional no infravermelho próximo (fNIRS).

Participaram 31 estudantes, distribuídos aleatoriamente por dois grupos: grupo experimental (n = 17), que ingeriu café, e grupo de controlo (n = 14), que ingeriu descafeinado. Os participantes realizaram tarefas n-back (0-back e 3-back) em três momentos: antes da ingestão (T1), 15 minutos após (T2) e 45 minutos após (T3). Foram recolhidas medidas de precisão, tempo de reação e padrões de ativação do córtex pré-frontal.

Os resultados comportamentais revelaram efeitos significativos do café na tarefa 0-back, nomeadamente maior rapidez e precisão. Já na tarefa 3-back, não se verificaram diferenças significativas entre grupos no desempenho comportamental, apesar de ter sido registada uma variabilidade da ativação cerebral mais robusta nas regiões pré-frontais no grupo experimental, em particular nas áreas dlPFC, dmPFC e vlPFC.

Os dados sugerem que os efeitos do café são mais evidentes em tarefas de atenção sustentada e mais subtis, mas neurofisiologicamente detetáveis, em tarefas exigentes como a memória de trabalho.

Palavras-chave: Café, Memória de trabalho, Atenção, População académica, fNIRS, Tarefa n-back, Ativação cerebral

Abstract

Coffee consumption is common among university students and is often associated with improvements in attention, memory, and cognitive performance. This study aimed to assess the effects of coffee on working memory by integrating sociodemographic data, performance in cognitive tasks, and neurophysiological recordings obtained via functional near-infrared spectroscopy (fNIRS).

Thirty-one students participated, randomly assigned to an experimental group (n = 17), which consumed coffee, or a control group (n = 14), which consumed decaffeinated coffee. Participants completed n-back tasks (0-back and 3-back) at three time points: before ingestion (T1), 15 minutes after (T2), and 45 minutes after (T3). Accuracy, reaction time, and prefrontal cortex activation patterns were recorded.

Behavioral results showed significant effects of coffee in the 0-back task, with increased speed and accuracy. In contrast, no significant differences in behavioral performance were found between groups in the 3-back task. However, stronger variability in prefrontal activation was observed in the experimental group, particularly in the dlPFC, dmPFC, and vlPFC regions.

These findings suggest that coffee's effects are more evident in sustained attention tasks and more subtle—yet neurophysiologically detectable—in tasks with higher cognitive demand, such as working memory.

Keywords: Coffee, Working memory, Attention, Academic population, fNIRS, n-back task, Brain activation

Índice

Introdução	1
Estado da arte	2
1. Café, consumo e composição	2
2. Efeitos do consumo de café na memória.....	4
3. Medidas de avaliação do impacto do café a nível cognitivo	5
Método	7
Amostra	7
Instrumentos	9
Procedimentos de estudo.....	12
Análise de dados.....	14
Resultados	15
Discussão.....	25
Conclusão	29
Referências bibliográficas.....	31
Anexos	36
Anexo I.....	36
Anexo II.....	43

Índice de tabelas

Tabela 1. Caracterização da Amostra (N=31)	8
Tabela 2. Hábitos de consumo de café	16
Tabela 3. Percepções e Atitudes relacionadas com o consumo de café (N=31)	17
Tabela 4. Valores de precisão do classificador SVC por tarefa e tempo experimental.....	22

Índice de figuras

Figura 1. Representação esquemática da configuração do fNIRS	10
Figura 2. Canais fNIRS e delimitação das regiões pré-frontais analisadas.	11
Figura 3. Representação esquemática do protocolo experimental adotado neste estudo ...	13
Figura 4. Evolução da precisão na tarefa 0-back ao longo dos três tempos de medição (T1, T2, T3), por grupo (experimental vs. Controlo).	19
Figura 5. Evolução da precisão na tarefa 3-back ao longo dos três tempos de medição (T1, T2, T3), por grupo (experimental vs. controlo).	20
Figura 6. Tempo médio de reação na tarefa 0-back ao longo dos três tempos de medição (T1, T2, T3), por grupo (experimental vs. controlo).....	20
Figura 7. Tempo médio de reação na tarefa 3-back ao longo dos três tempos de medição (T1, T2, T3), por grupo (experimental vs. controlo).....	21
Figura 8. Mapa topográfico relativo à variabilidade da atividade cerebral pré-frontal antes e após a ingestão da bebida experimental durante a execução das tarefas 0-back e 3-back (baseline).....	23
Figura 9. Mapa topográfico relativo à variabilidade da atividade cerebral durante a tarefa 0-back entre o T1 e o T2 e T3; e entre o T2 e T3	23
Figura 10. Mapa topográfico relativo à variabilidade da atividade cerebral durante a tarefa 3-back nos três tempos experimentais (T1, T2, T3).....	24

Índice de siglas e acrónimos

dIPFC – Córtex Pré-frontal Dorsolateral

dmPFC – Córtex Pré-frontal Dorsomedial

EEG – Eletroencefalograma

fMRI – Ressonância Magnética Funcional

fNIRS – Espectroscopia Funcional no Infravermelho Próximo

HNL – Human Neurobehavioral Laboratory

SNC – Sistema Nervoso Central

vIPFC – Córtex Pré-frontal Ventrolateral

Introdução

O consumo de café é uma prática enraizada no quotidiano de grande parte da população mundial, assumindo um papel particularmente relevante no estilo de vida dos estudantes universitários. Entre as motivações frequentemente apontadas para o seu consumo destacam-se os potenciais benefícios cognitivos, tais como o aumento da atenção, da concentração e da produtividade, principalmente em contextos de elevada exigência cognitiva, como o académico (Lone et al., 2023; Kassaw et al., 2024; Volf & Privodnova, 2022).

A cafeína, sendo o principal composto psicoativo do café, atua como estimulante do Sistema Nervoso Central (SNC), influenciando diversos processos cognitivos, nomeadamente, a memória (Bae et al., 2014). A memória de trabalho é o sistema responsável pela retenção e manipulação temporária de informação, essencial na aprendizagem, no raciocínio e na tomada de decisão (Syce, 2019). No entanto, apesar do crescente interesse científico, os resultados da literatura permanecem inconsistentes quanto aos efeitos agudos da cafeína neste domínio, nomeadamente quanto à sua eficácia em tarefas com diferentes níveis de exigência cognitiva e ao momento de medição dos efeitos.

Face a esta incerteza, torna-se relevante aprofundar a compreensão dos mecanismos através dos quais o consumo de café pode influenciar a memória de trabalho. A presente investigação visa contribuir para esse objetivo, recorrendo a uma abordagem metodológica que integra dados sociodemográficos, medidas de autorrelato e desempenho em tarefas cognitivas, complementada por registos de neuroimagem funcional. Ao conjugar diferentes fontes de informação, este estudo pretende oferecer uma análise mais robusta e abrangente dos potenciais efeitos do café na memória de trabalho de estudantes universitários.

Neste sentido, a presente dissertação encontra-se estruturada em cinco secções principais. Na primeira secção é apresentado o enquadramento teórico sobre o consumo de café, os seus efeitos cognitivos e a relevância da memória de trabalho no desempenho académico, bem como a utilidade de medidas neurofisiológicas. Na segunda secção é detalhado o método utilizado, incluindo a descrição da amostra, dos instrumentos de recolha, dos procedimentos e da análise de dados. Na terceira secção são apresentados os principais resultados da investigação, ao nível subjetivo, comportamental e neurofisiológico. A quarta secção integra a discussão crítica dos resultados à luz da literatura científica, identificando contributos e limitações do estudo. Por fim, na quinta secção são apresentadas as conclusões, com ênfase nas implicações práticas e sugestões para investigações futuras.

Estado da arte

1. Café, consumo e composição

O café tem sido uma das bebidas mais consumidas e apreciadas em todo o mundo ao longo dos séculos (Lone et al., 2023). Estima-se que cerca de 30-40% da população mundial o consuma diariamente (Angela, 2023), sendo que, em Portugal, aproximadamente 80% da população é consumidora desta bebida (Pinto, 2024).

O café é uma mistura complexa de diversos compostos, destacando-se a cafeína como o seu principal constituinte farmacologicamente ativo, representando cerca de 2% da sua composição (Patočka et al., 2019). No entanto, a quantidade de cafeína presente numa chávena de café pode variar significativamente consoante múltiplos fatores, incluindo: origem geográfica do café, método de processamento pós-colheita (húmido ou seco), grau e tipo de torrefação e método de preparação. Estes fatores influenciam diretamente a composição química do café (De Mejia & Ramirez-Mares, 2014).

Como referido, a cafeína é a principal molécula bioativa presente no café e é classificada como um estimulante do SNC, atuando, sobretudo, como antagonista dos recetores de adenosina. A adenosina é um neuromodulador inibitório endógeno que provoca sensações de sonolência e, ao bloquear a sua ação, a cafeína exerce um efeito estimulante no SNC (Bae et al., 2014). É rapidamente absorvida pelo trato gastrointestinal, atingindo aproximadamente 99% da sua absorção em 30-45 minutos após a ingestão (De Souza Albero et al., 2021; Yuan et al., 2020). Além disso, a sua meia-vida em humanos varia entre 3 a 5 horas, dependendo de fatores individuais como metabolismo e predisposição genética (Yuan et al., 2020).

Para além dos seus efeitos fisiológicos, o consumo de café está intrinsecamente ligado a fatores psicológicos e socioculturais, representando não apenas um hábito diário, mas também um elemento associado ao estilo de vida, às preferências individuais e ao estatuto social (Samoggia & Riedel, 2018).

1.1. Fatores que influenciam o consumo de café

O consumo de café é influenciado por uma multiplicidade de fatores, tais como biológicos, psicológicos e sociais. Entre os fatores biológicos, destacam-se a idade, o estado fisiológico e sensibilidade e tolerância individual à cafeína, desempenho motor (Booth et al., 2020; Grosso et al., 2017). Ao nível psicológico, o consumo está frequentemente associado ao aumento do estado de alerta, à melhoria da performance cognitiva, à perceção de bem-estar, incluindo o prazer de saborear o café e os fatores sociais relacionam-se, por exemplo, com a interação social (Kim et al., 2021; Kharaba et al., 2022; Yuan et al., 2020).

O consumo é efetuado por pessoas de várias faixas etárias, nomeadamente os estudantes universitários. No estudo efetuado por Kassaw e sua equipa (2024), 92% dos estudantes universitários dos Estados Unidos referiram que consumiam café. Segundo a literatura, as razões apresentadas para o elevado consumo são diversas, incluindo: melhoria do humor, sensação de alerta, excitação, aumento da energia física, do desempenho académico, memória, funcionamento executivo, concentração, produtividade, redução do stress e sensação de prazer (Adam et al., 2021; Lone et al., 2023; Kharaba et al., 2022; Kim et al., 2021; Volf & Privodnova, 2022;). Outros motivos incluem aspetos sociais, de saúde, hábitos diários e efeitos sensoriais (Choi, 2020; Ágoston et al., 2017).

A frequência e os padrões de consumo nos estudantes universitários variam de acordo com a idade e o género. Estudos indicam que estudantes mais velhos tendem a consumir mais café, o que poderá refletir as maiores exigências académicas e de gestão de tempo que enfrentam no decorrer do percurso académico (Chandra et al., 2023; Jamaluddin et al., 2021). No que diz respeito às diferenças de género, os resultados são contraditórios. Enquanto Demura et al. (2013) reportam um maior consumo no sexo masculino (50,8%) do que no sexo feminino (32,8%), Mahoney et al. (2019) sugerem o contrário.

Apesar dos seus benefícios, como referido, o consumo excessivo de café pode ter efeitos adversos. A ingestão elevada de cafeína pode causar ansiedade e perturbação do sono, comprometendo a quantidade e qualidade subjetiva do descanso (Choi, 2020; Lone et al., 2023). Outros efeitos traduzem-se em inquietações, agitação psicomotora, tremores e aceleração do ritmo cardíaco (Lone et al., 2023). Além disso, o elevado consumo pode levar à dependência e a sintomas de abstinência, como dores de cabeça, fadiga e alterações de humor (American Psychiatric Association, 2013). A literatura reporta ainda que os efeitos variam consoante a capacidade metabólica individual, sendo que a genética desempenha um papel relevante na metabolização da cafeína. Estudos sugerem que determinadas variações genéticas podem influenciar a suscetibilidade individual aos seus efeitos (Lone et al., 2023; Moreira et al., 2024).

Desta forma, torna-se essencial equilibrar os potenciais benefícios do café com os riscos associados. Embora seja uma estratégia amplamente utilizada para melhorar o desempenho académico e profissional, o consumo deve ser moderado e informado, de modo a maximizar os seus efeitos positivos e minimizar as consequências negativas. Nesse sentido, compreender os fatores que influenciam o consumo de café e os seus impactos permite explorar o seu papel no desempenho cognitivo, mais particularmente ao nível do processo mental “memória”.

2. Efeitos do consumo de café na memória

Diversos estudos têm evidenciado os efeitos do consumo de café nas funções cognitivas, frequentemente apontadas pelos consumidores como uma das principais razões para o seu consumo. A cognição refere-se ao conjunto de processos mentais envolvidos na aquisição, armazenamento e utilização da informação, tanto em contextos conscientes como inconscientes, sendo a memória um dos seus componentes fundamentais (Bayne et al., 2019).

A memória corresponde à capacidade de codificar, armazenar e recuperar informações para uso posterior, sendo um dos principais componentes das funções cognitivas (Knowlton & Castel, 2021). Tendo em conta a retenção da informação, a memória pode ser classificada em memória de curto prazo e memória de longo prazo. A memória de curto prazo refere-se à retenção temporária de informação, por um período limitado e com reduzida capacidade de armazenamento (Syce, 2019). Já a memória de longo prazo envolve a retenção de informação durante períodos mais prolongados, permitindo o seu armazenamento organizado. Estes dois tipos de memória mobilizam mecanismos distintos: no caso da memória de curto prazo, o córtex pré-frontal esquerdo está particularmente envolvido na codificação da informação, enquanto o córtex pré-frontal direito participa na sua recuperação (Syce, 2019). A memória de longo prazo, por sua vez, associa-se a diferentes zonas cerebrais e estratégias de armazenamento (Zhang, 2019).

Neste sentido, é importante reiterar o impacto positivo que o café pode ter na memória. A literatura tem sugerido que a cafeína presente no café, para além de poder promover a atenção e o foco durante as atividades cognitivamente exigentes, também melhora a memória de curto e longo prazo (Smith et al., 2020).

Neste seguimento, importa destacar o papel da memória de trabalho, uma subcomponente da memória de curto prazo, que corresponde a um sistema que permite manter temporariamente a informação ativa enquanto se executam diversas tarefas cognitivas, como a resolução de problemas, a compreensão e a aprendizagem, indo para além da simples memorização (Miller et al., 2018). Neste contexto, estudos apontam para um efeito positivo do consumo de café na memória de curto prazo, com melhorias observadas ao nível da concentração, foco e redução da sonolência (Chandra et al., 2023). De forma particular, estudantes que consomem café tendem a apresentar desempenhos superiores em tarefas de memória de curto prazo comparativamente com aqueles que não consomem (Chandra et al., 2023).

Estes resultados acrescentam uma dimensão ainda mais significativa ao papel do café na vida diária, especialmente para estudantes universitários que, frequentemente, dependem dele para melhorar o seu desempenho académico e as suas capacidades de memorização.

3. Medidas de avaliação do impacto do café a nível cognitivo

Nos últimos anos, o interesse científico em torno dos efeitos do café nas funções cognitivas tem vindo a crescer, com diversos estudos a investigar não apenas as percepções subjetivas dos consumidores sobre esses efeitos do consumo, mas também o impacto fisiológico desse consumo. Avanços recentes na investigação têm possibilitado uma compreensão mais aprofundada dos seus efeitos biológicos ao nível das funções cognitivas, através da utilização de novas metodologias de avaliação, procedimentos e tecnologias, como por exemplo a utilização de medidas neurofisiológicas. Neste sentido, torna-se essencial recorrer a medidas complementares, que combinem autorrelato - permitindo recolher dados sobre comportamentos de consumo, motivações e efeitos percebidos - com medidas neurofisiológicas, que possibilitem uma avaliação objetiva da atividade cerebral e do desempenho cognitivo real.

3.1. Medidas de autorrelato

No contexto do presente estudo, a utilização de questionários revelou-se fundamental para caracterizar o perfil de consumo de café dos participantes - incluindo frequência, percepção de dependência, motivações e efeitos percebidos - bem como recolher dados sociodemográficos relevantes, como idade, género e grau de formação académica. Estas medidas forneceram informação subjetiva essencial para compreender as expectativas dos participantes relativamente ao impacto do café no desempenho cognitivo, permitindo contextualizar os dados obtidos por via comportamental e neurofisiológica.

No entanto, estes instrumentos de avaliação apresentam limitações importantes que podem comprometer a precisão e a abrangência dos resultados obtidos. Em primeiro lugar, estas medidas estão sujeitas a viéses cognitivos e a questões de validade interna, uma vez que dependem da memória e da autopercepção dos participantes. Estes fatores tornam as respostas suscetíveis a imprecisões, dificultando a verificação objetiva da sua precisão (Jahedi & Méndez, 2014). Além disso, as medidas de autorrelato recolhem dados num momento específico e baseiam-se em percepções subjetivas, não permitindo acompanhar alterações em tempo real ou de forma contínua, ao contrário dos dados obtidos por métodos neurofisiológicos, que registam respostas fisiológicas durante a execução de tarefas cognitivas (Darvishi et al., 2021). Essa ausência de continuidade limita a capacidade de captar mudanças dinâmicas no estado dos participantes durante a realização de tarefas específicas sendo, também, incapazes de observar diretamente as alterações fisiológicas e cerebrais associadas a variáveis como a ingestão de café, especialmente no contexto da memória de trabalho.

Diante destas limitações, a incorporação de tecnologias neurofisiológicas torna-se essencial para aprofundar a análise e observar objetivamente a dinâmica da atividade

cerebral, especialmente no contexto dos estudantes universitários, cujo consumo de café está intrinsecamente ligado ao desempenho cognitivo e à memória. Este tipo de instrumentos de avaliação permite compreender com maior precisão as interações entre o café e os processos cerebrais, fornecendo dados relevantes para um melhor conhecimento do impacto do café na performance cognitiva e otimizar práticas de consumo.

3.2. Medidas neurofisiológicas

Os avanços tecnológicos nas últimas décadas permitiram o desenvolvimento de diversas técnicas neurofisiológicas que possibilitam o registo objetivo da atividade cerebral e análise de fenómenos cognitivos de forma mais precisa e em tempo real (Darvishi et al., 2021). Estas técnicas permitem ultrapassar limitações das medidas de autorrelato, ao fornecerem dados diretos sobre os processos neuronais e fisiológicos subjacentes a funções cognitivas (por exemplo, percepção, atenção e memória). Entre os métodos mais utilizados destacam-se a Espectroscopia Funcional no Infravermelho Próximo (*fNIRS*), a Ressonância Magnética Funcional (*fMRI*) e o Eletroencefalograma (EEG), cada uma com vantagens e limitações distintas.

O EEG, por exemplo, destaca-se pela sua excelente resolução temporal, permitindo captar rapidamente alterações na atividade elétrica cerebral, contudo possui limitações na precisão de localização das fontes de atividade neural. Além disso, é mais sensível a ruídos externos, como movimentos ou interferências elétricas (Pinti et al., 2020). Por sua vez, o *fMRI* oferece elevada resolução espacial e permite visualizar com grande detalhe as regiões ativadas durante tarefas cognitivas, mas exige a imobilidade total dos participantes, é dispendioso e de difícil portabilidade (Pinti et al., 2020).

O *fNIRS*, introduzida por Jöbsis, (1977), surge como uma alternativa vantajosa, especialmente para a monitorização da atividade do córtex pré-frontal (Abdelnour & Huppert, 2009). Esta técnica não é invasiva, é portátil, mais tolerante ao movimento em comparação com o *fMRI* - o que permite a sua utilização em contextos mais naturais e menos restritivos; - e oferece uma resolução espacial superior à do EEG (Abdelnour & Huppert, 2009). Além disso, o *fNIRS* utiliza dois feixes de luz com diferentes comprimentos de onda, capazes de atravessar o escalpe com uma atenuação de energia relativamente baixa e previsível. Estes feixes interagem com as moléculas de hemoglobina nos vasos sanguíneos, permitindo medir as alterações nas concentrações de oxi-hemoglobina e desoxi-hemoglobina. Esta técnica baseia-se no princípio do acoplamento neurovascular, segundo o qual um aumento da atividade neuronal numa determinada área cerebral é acompanhado por um aumento do fluxo sanguíneo local, refletindo uma maior entrega de oxigénio para suporte metabólico. Consequentemente, o *fNIRS* fornece dados funcionais objetivos sobre a dinâmica cerebral com elevada precisão temporal (Yuan et al., 2020).

No contexto deste estudo, o *fNIRS* revelou-se particularmente adequado para investigar os efeitos do consumo de café na memória de trabalho, dada a sua capacidade de monitorizar a dinâmica da ativação do córtex pré-frontal durante a realização de tarefas cognitivas exigentes (Ayaz et al., 2012; Ren et al., 2022).

Neste enquadramento, o presente estudo propõe-se investigar os efeitos do consumo de café na memória de trabalho de estudantes universitários, através de um protocolo experimental que integra medidas subjetivas, comportamentais e neurofisiológicas. Pretende-se avaliar se a ingestão de café influencia o desempenho em tarefas n-back (0-back e 3-back), tanto ao nível da precisão como da velocidade de resposta, e se essa influência se traduz em padrões distintos de ativação cerebral registados por *fNIRS*.

Método

O presente estudo teve como objetivo compreender o impacto do consumo de café na memória de trabalho de estudantes universitários. Para tal, foram utilizadas duas tipologias de medidas: um questionário sociodemográfico, onde estavam incluídas questões sobre hábitos de consumo e perceções dos efeitos do café (Anexo I); e medidas objetivas, em que foi utilizada uma tecnologia de neuroimagem funcional (instrumento *fNIRS*), que permitiu analisar a atividade cerebral aquando da realização de tarefas associadas à memória de trabalho.

A recolha de dados decorreu entre os dias 20 de novembro de 2024 e 13 de março de 2025, no *Human Neurobehavioral Laboratory* (HNL), da Faculdade de Educação e Psicologia da Universidade Católica Portuguesa, no Porto.

Amostra

A amostra envolveu um total de 31 estudantes universitários, 22 do sexo feminino e 9 do sexo masculino, com idades compreendidas entre os 18 e os 30 anos.

A amostragem utilizada neste estudo foi a amostragem não probabilística por conveniência, dado que os participantes foram selecionados com base na sua acessibilidade e disponibilidade (Golzar, J. et al., 2022), sem recurso a um processo de seleção aleatório. Esta abordagem revelou-se apropriada, uma vez que permitiu uma recolha de dados mais rápida e eficiente dentro do contexto do estudo.

O recrutamento dos participantes foi executado através das redes sociais, da divulgação da investigação na Universidade, do método passa-a-palavra, permitindo um acesso mais amplo à população-alvo.

Os critérios de inclusão para a participação neste estudo incluíam: os participantes serem estudantes universitários matriculados no ensino superior, não apresentarem

patologias físicas e/ou mentais que pudessem condicionar o estudo e serem consumidores habituais de café.

Conforme apresentado na Tabela 1, os participantes eram maioritariamente do sexo feminino (71,0%) e solteiros (96,8%). A média de idades situa-se maioritariamente no intervalo dos 22 aos 25 anos (54,8%), seguido pelos 18 aos 21 anos (29,0%) e, em menor proporção, pelos 26 aos 29 anos (16,1%).

Relativamente à nacionalidade, 90,3% dos participantes eram portugueses, 6,5% brasileiros e 3,2% italianos. No que se refere à área de estudo, a maioria (67,7%) frequentava cursos da área da Saúde e Bem-estar, seguida pelas Ciências Sociais (19,4%), Engenharia (6,5%) e Artes e Humanidades (6,5%). Este agrupamento foi realizado com base nas áreas científicas dominantes de cada curso, com o intuito de facilitar a análise descritiva da amostra.

Quanto às habilitações académicas já concluídas, 71,0% dos participantes indicaram ter terminado apenas o Ensino Secundário, encontrando-se atualmente a frequentar uma licenciatura. Adicionalmente, 16,1% reportaram já ter concluído uma licenciatura e 12,9% possuíam grau de mestre.

Tabela 1.

Caracterização da Amostra (N=31)

Características	Participantes	
	n	%
Faixa Etária		
(18-21)	9	29,0
(22-25)	17	54,8
(26-29)	5	16,1
Sexo		
Feminino	22	71,0
Masculino	9	29,0
Estado Civil		
Solteiro	30	96,8
União de Facto	1	3,2
Nacionalidade		
Portuguesa	28	90,3
Brasileira	2	6,5
Italiana	1	3,2
Área de Estudo		
Saúde e Bem-estar	21	67,7
Ciências Sociais	6	19,4
Engenharia	2	6,5
Artes e Humanidades	2	6,5
Habilitações Académicas		
Ensino Secundário	22	71,0
Licenciatura	5	16,1
Mestrado	4	12,9

Instrumentos

Para a execução do presente estudo foram selecionados instrumentos de avaliação com o objetivo de recolher dados sociodemográficos, comportamentais e neurofisiológicos dos participantes.

1. Consentimento informado e Questionário

No início do processo de recolha de dados, foi fornecido a cada participante um documento de consentimento informado, contendo informações detalhadas sobre os objetivos e os procedimentos do estudo, garantindo o anonimato e a confidencialidade dos dados. O documento explicitava os direitos dos participantes, nomeadamente o direito de desistir da participação a qualquer momento, sem qualquer prejuízo.

O estudo seguiu as diretrizes éticas definidas pela Ordem dos Psicólogos Portugueses (Ordem dos Psicólogos Portugueses, 2016) e observou os princípios da Declaração de Helsínquia para investigação com seres humanos (World Medical Association Declaration of Helsinki, 2013). O consentimento foi datado e assinado por cada participante, sendo a sua participação totalmente voluntária.

Posteriormente, foi aplicado um instrumento de recolha de dados, mais especificamente um questionário sociodemográfico *online* realizado na plataforma *Qualtrics*, com o intuito de recolher informações sociodemográficas (ex. idade, género, entre outros) e outras informações sobre o perfil dos participantes, nomeadamente no que diz respeito ao consumo de café e motivação para o consumo. Este questionário (Anexo I), foi construído tendo por base outros questionários existentes na literatura e de forma a obtermos informações importantes para o nosso estudo. Assim, procuramos explorar a frequência e a quantidade e a dependência do consumo de café pelos participantes, as motivações pessoais para o consumo, bem como os efeitos percebidos na saúde e no desempenho cognitivo.

As questões foram formuladas de forma a permitir uma análise detalhada dos hábitos de consumo de café, com o intuito de compreender o impacto desse consumo na memória, parâmetros diretamente relacionados com os objetivos do estudo.

2. Medidas neurofisiológicas

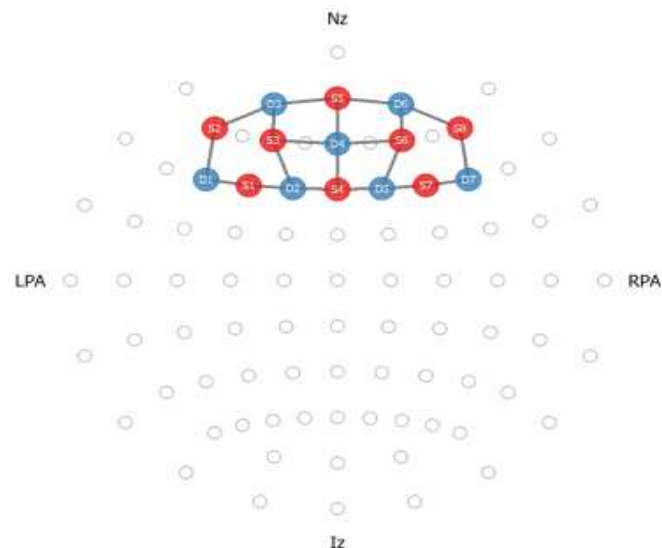
A utilização da tecnologia *fNIRS* envolveu duas fases: a colocação da toca de *fNIRS* - garantindo a correta recolha de dados - e a realização de tarefas durante o ensaio experimental.

2.1. Montagem do *fNIRS*

No presente estudo, as medições foram efetuadas utilizando dois comprimentos de onda de luz, a 760nm e 850nm, recolhidas através do sistema de imagem de onda contínua NIRx NIRSport 2 (NIR Medical Technologies LLC, Berlin, Germany), com uma taxa de amostragem de 10,2 Hz. A montagem do equipamento consistiu na colocação de uma touca na cabeça dos participantes, com 8 fontes de luz e 7 detetores de luz de modo a criar 20 canais que cobrem toda a região pré-frontal, seguindo a montagem Prefrontal 8x8, incluída como parte do software Aurora *fNIRS* da NIRx (Figura 1). O software Aurora *fNIRS* (versão 2023.1.2) foi utilizado para otimizar a qualidade de sinal e recolher os dados *fNIRS*.

Figura 1.

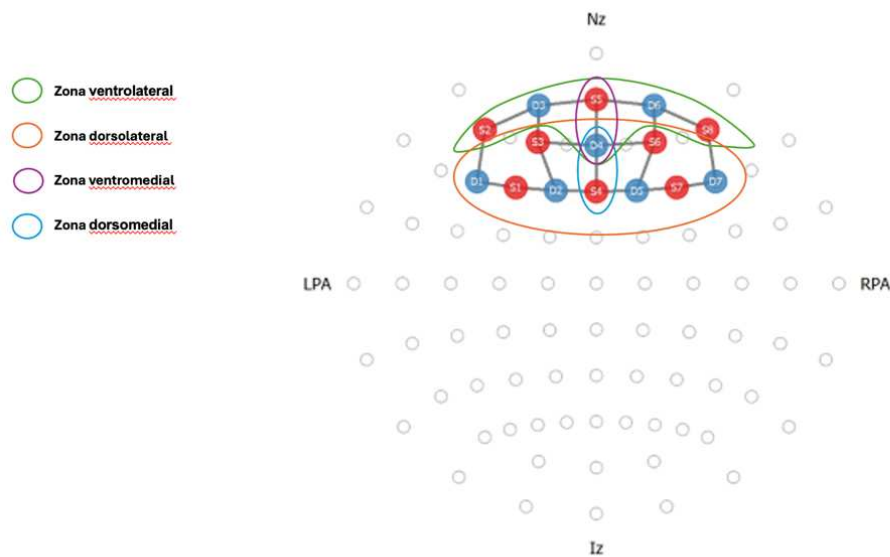
*Representação esquemática da configuração do *fNIRS**



Importa referir que, na configuração do equipamento *fNIRS*, cada canal corresponde a uma combinação entre uma fonte de emissão (S, *source*) e um detetor (D, *detector*), permitindo localizar as alterações hemodinâmicas em regiões específicas da superfície cortical (Figura 2).

Figura 2.

Canais fNIRS e delimitação das regiões pré-frontais analisadas.



Após ser colocada a touca, o participante foi realizando várias tarefas e o equipamento registou continuamente a atividade durante o protocolo. A recolha foi acompanhada por procedimentos de verificação da qualidade do sinal e os dados obtidos foram processados em softwares específicos, que permitiram aplicar filtros de correção de artefactos, normalizar os sinais e analisar as curvas hemodinâmicas ao longo do tempo.

As tarefas cognitivas foram apresentadas no software PsychoPy (versão 2024.1.5; Peirce et al., 2019).

2.2. Tarefa n-back

A tarefa n-back é um paradigma cognitivo que ativa consistentemente várias regiões do cérebro e é utilizado para avaliar a memória de trabalho, exigindo que os participantes comparem estímulos apresentados sequencialmente com aqueles exibidos em n ensaios antes (Gómez et al., 2024). É, portanto, uma tarefa de reconhecimento contínuo na qual uma sequência de estímulos (ex. palavras, letras, números, símbolos, locais e imagens) é apresentada e que implica uma tomada de decisão em função de um estímulo-alvo (Gómez et al., 2024).

Optou-se pela utilização da versão visual da tarefa n-back com estímulos numéricos, uma vez que o acesso ao significado dos números ocorre de forma mais imediata e direta, exigindo menos recursos cognitivos do que as letras, cujo processamento depende frequentemente da ativação sequencial da ordem alfabética, o que pode aumentar a probabilidade de erros (Knops et al., 2005).

Neste sentido, foram utilizadas a versão 0-back que é considerada uma tarefa de atenção sustentada, enquanto a versão 3-back exige memória de trabalho e maior carga cognitiva, mobilizando mecanismos de retenção e manipulação ativa da informação. Os participantes realizaram a tarefa num computador, utilizando o teclado para responder (Anexo II). A tecla "A" foi designada para quando o estímulo apresentado correspondia ao critério previamente estabelecido como alvo, enquanto a tecla "L" foi utilizada para quando o estímulo não correspondia ao estímulo-alvo.

Na versão 0-back, foi definido um número-alvo ("0"), e os participantes deveriam pressionar a tecla "A" sempre que esse número surgisse, caso contrário, deveriam pressionar a tecla "L".

Na versão 3-back, os participantes deveriam comparar o número atual com o número apresentado três ensaios antes e pressionar a tecla "A" se houvesse correspondência ou a tecla "L" caso contrário.

A progressão de 0-back para 3-back implica um aumento da carga cognitiva, exigindo maior esforço de monitorização e atualização da informação na memória de trabalho. Como esperado, a condição 3-back tende a resultar em menor precisão e tempos de resposta mais longos, refletindo a complexidade acrescida da tarefa.

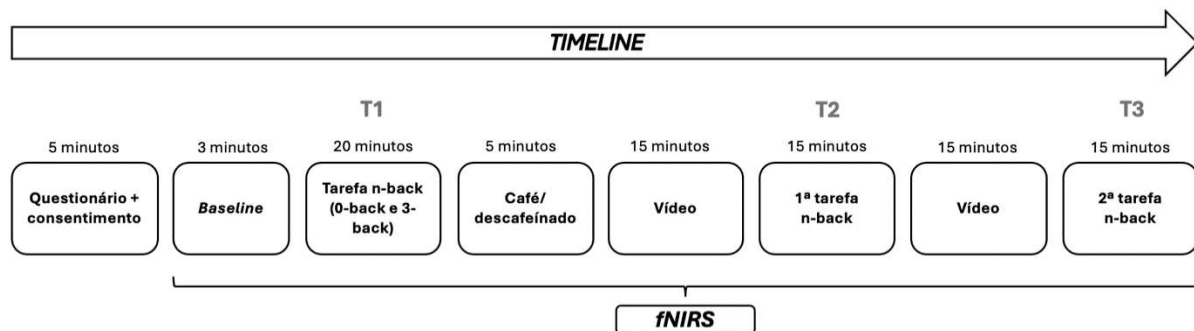
Procedimentos de estudo

O procedimento do estudo foi desenhado de forma a responder ao objetivo proposto (Figura 3). Após a seleção dos participantes, numa fase inicial os participantes foram previamente instruídos a respeitar algumas condições básicas, nomeadamente abster-se do consumo de cafeína e nicotina nas três horas antecedentes, bem como realizar uma refeição ligeira, evitando alimentos excessivamente pesados, de forma a não comprometer o desempenho durante a experiência.

À chegada ao laboratório (HNL), os participantes foram acolhidos e convidados a ler e assinar o consentimento informado, a preencherem um questionário de forma a recolher informações sociodemográficas e informações sobre perceções, hábitos de consumo de café (Figura 3).

Figura 3.

Representação esquemática do protocolo experimental adotado neste estudo



Seguidamente, os participantes foram encaminhados e acomodados no gabinete de recolha de dados onde se procedeu à colocação da touca que permite a recolha de dados através do equipamento *fNIRS*.

Após a montagem do equipamento, teve início o registo da linha de base fisiológica, através de uma *resting baseline*, durante aproximadamente 3 minutos, com o objetivo de estabelecer um ponto de referência neutro. Este procedimento visou avaliar a reatividade inicial dos participantes e definir um padrão de funcionamento basal, permitindo comparar posteriormente a atividade cerebral registada durante a execução das tarefas cognitivas. Procurou-se ainda assegurar que a transição para a fase experimental decorresse de forma controlada, minimizando potenciais interferências externas, ativação cognitiva precoce ou efeitos de stress, de maneira a garantir a validade interna das medições subsequentes.

De seguida, os participantes foram informados detalhadamente sobre o procedimento experimental. Esta instrução inicial teve como objetivo garantir a compreensão integral da tarefa e minimizar dúvidas no decorrer da execução. Este período serviu, também, como fase de estabilização fisiológica e comportamental, permitindo comparar, posteriormente, a atividade cerebral basal com a registada durante e pré e pós tarefas. Após esta fase, os participantes iniciaram a tarefa n-back, composta por blocos das condições 0-back e 3-back (20 minutos), destinada à avaliação da atenção sustentada e memória de trabalho, respetivamente - correspondente ao primeiro tempo de registo da atividade cerebral através do *fNIRS* (T1- antes da ingestão da bebida experimental).

Após a realização da primeira recolha (T1), foi solicitado aos participantes que consumissem a bebida previamente preparada pelo investigador, a qual correspondia, de forma aleatória, ao café (designado por grupo experimental) ou descafeinado (designado por grupo controlo). A distribuição das bebidas foi feita sem que os participantes tivessem conhecimento da condição atribuída. Após a ingestão, seguiu-se uma pausa de

aproximadamente 5 minutos visando garantir que a bebida fosse consumida de forma tranquila e sem pressões externas.

Posteriormente, os participantes foram expostos a um vídeo de conteúdo afetiva e cognitivamente neutro (15 minutos), i.e. vídeos informativos de processos de concepção de materiais diversos com o objetivo de manter o mínimo de envolvimento cognitivo-afetivo, não obstante, a necessidade de manter o participante desperto e vígil. Deste modo, estes vídeos procuraram evitar estimulação cognitiva adicional durante o intervalo de latência da cafeína, assegurando que eventuais alterações na atividade cognitiva observadas posteriormente fossem atribuíveis exclusivamente ao efeito da substância ingerida.

Na fase seguinte, os participantes realizaram novamente a tarefa n-back (15 minutos) - correspondente ao T2 (15 minutos após ingestão da bebida). De seguida, continuaram a visualizar vídeos neutros durante 15 minutos. Após a visualização, foi executada a última execução da tarefa n-back (15 minutos) - correspondente T3 (45 minutos após a ingestão).

Durante todo o protocolo experimental - desde a linha de base até à segunda tarefa pós-intervenção -, a atividade hemodinâmica na região pré-frontal foi monitorizada continuamente com recurso à tecnologia *fNIRS* permitindo, desta forma, o registo em tempo real das variações nas concentrações de HbO e HbR associadas às diferentes fases do estudo.

No final do protocolo, foi revelado aos participantes qual a bebida que haviam ingerido e, através, de uma análise qualitativa posterior, verificou-se que nenhum participante manifestou suspeitas sobre a bebida ingerida, assumindo todos que haviam consumido café.

Análise de dados

Para o tratamento e análise dos dados, foram utilizadas análises através do recurso ao software *IBM SPSS Statistics* (versão 30; IBM Corp., 2021). Numa fase inicial, procedeu-se a uma análise descritiva das variáveis sociodemográficas e das dimensões relacionadas com o consumo de café, nomeadamente a frequência, a quantidade, a perceção de dependência, as motivações pessoais e os efeitos percebidos na saúde e no desempenho cognitivo. Foram calculadas frequências absolutas, percentagens, médias, medianas e desvios padrão, com o objetivo de caracterizar de forma abrangente o perfil dos participantes.

Procedeu-se à análise inferencial dos dados. Procurou-se identificar a associação entre as variáveis sociodemográficas, tais como o sexo, a idade e a área de estudo, com os padrões do consumo de café. Dada a natureza nominal de algumas variáveis sociodemográficas o teste de chi-quadrado foi utilizado, enquanto para as variáveis de natureza ordinal, tendo-se verificado a não normalidade dos dados, a correlação de Spearman foi utilizada. Procurou-se, também verificar o efeito da toma do café na execução da tarefa de

n-back. Para este propósito realizaram-se ANOVAs de medidas repetidas para verificar o efeito da toma da bebida entre grupos e ao longo do tempo, tendo-se recorrido ao teste de Tukey para verificar diferenças significativas entre momentos de recolha individuais por e entre grupos.

Relativamente à análise dos dados obtidos no *fNIRS*, primeiramente os dados foram pré-processados de forma a eliminar os sinais de influência de fontes de ruído extra-*fNIRS*. O método de pré-processamento permitiu a repartição do sinal em diferentes partes (sinal completo livre de ruído, *b-wave*, *m-wave*, sinal de respiração e sinal referente ao ritmo cardíaco).

Os sinais obtidos foram processados para a obtenção de várias métricas que foram posteriormente testadas, para cada canal por via de um classificador (ex. SVC). A precisão do classificador foi tida como métrica para avaliar o contraste entre tarefas e entre canais dentro de grupos. Um sinal composto representativo de toda a atividade pré-frontal foi testado para verificar o contraste entre grupos para cada métrica.

Neste trabalho foi feita uma apreciação das métricas para uma avaliação qualitativa de contrastes, tendo sido apenas consideradas as métricas com a melhor precisão no classificador.

Resultados

De forma a expor claramente os resultados obtidos, eles serão apresentados em diferentes secções:

1. Perfil de Consumo de Café

A presente secção visa apresentar os principais resultados referentes ao perfil de consumo de café dos participantes.

No que diz respeito aos hábitos de consumo de café, observa-se que a maioria dos participantes, de ambos os grupos, consome café diariamente, nomeadamente 82,4% do grupo experimental e 78,6% do grupo controlo (Tabela 2). Uma minoria refere consumos menos frequentes, como algumas vezes por semana ou uma vez por semana.

Tabela 2.*Hábitos de consumo de café*

Características	Participantes			
	Grupo experimental		Grupo controlo	
	n	%	n	%
Frequência do consumo				
Todos os dias	14	82,40	11	78,6
Várias vezes por semana	1	5,9	1	7,1
Algumas vezes por semana	1	5,9	2	14,3
Uma vez por semana	1	5,9	0	0
Consumo diário				
Uma vez	1	5,9	3	21,4
Duas vezes	11	64,7	6	42,9
Três vezes	2	11,8	2	14,3
Quatro vezes ou mais	0	0	0	0
Sem resposta	3	17,6	3	21,4
Tempo de consumo de café				
Menos de seis meses	1	5,9	1	7,1
Seis meses a um ano	0	0	0	0
Um ano a dois anos	2	11,8	2	14,3
Há mais de dois anos	14	82,4	11	78,6

Relativamente à quantidade consumida por dia, destaca-se que a maioria dos participantes consome café “duas vezes por dia”, sendo a percentagem mais elevada no grupo experimental (64,7%), comparativamente ao grupo controlo (42,9%) No entanto, uma maior proporção de participantes do grupo controlo (21,4%) indicou consumir café “uma vez por dia”, valor superior ao verificado no grupo experimental (5,9%). É de salientar que nenhum grupo referiu um consumo de 4 cafés diários.

Quanto ao tempo de consumo, a maioria dos participantes afirmou consumir café “há mais de dois anos” (82,4% no grupo experimental e 78,6% no grupo controlo), apenas uma pequena parte referiu consumir café “há menos de seis meses” (5,9% no grupo experimental e 7,1% no grupo controlo) ou “entre um a dois anos” (11,8% no grupo experimental e 14,3%

no grupo controle), sendo que nenhum participante indicou consumir café há menos de um ano no grupo controle.

Quando analisadas as percepções e atitudes face ao consumo de café, verificou-se que, relativamente à percepção de dependência, a maioria dos participantes - de ambos os grupos - reportou sentir-se bastante dependente, mas não em excesso (35,3% no grupo experimental e 35,7% no grupo controle) (Tabela 3).

Tabela 3.

Percepções e Atitudes relacionadas com o consumo de café (N=31)

Características	Participantes			
	Grupo experimental		Grupo controle	
	n	%	N	%
Percepção de dependência (escala 1–5)				
1- Não me considero dependente	3	17,6	3	21,4
2- Sinto uma ligeira dependência	4	23,5	2	14,3
3- Sinto alguma dependência, mas consigo controlar	3	17,6	3	21,4
4- Sinto-me bastante dependente, mas não em excesso	6	35,3	5	35,7
5- Considero-me muito dependente	1	5,9	0	0
Sem resposta			1	7,1
O café melhora a concentração enquanto estudo?				
Sim	12	70,6	6	42,9
Não	3	17,6	3	21,4
Nunca pensei sobre isso	2	11,8	5	35,7
O café melhora a memória enquanto estudo?				
Sim	7	41,2	5	35,7
Não	6	35,3	4	28,6
Nunca pensei sobre isso	4	23,5	5	35,7
Já pensou em reduzir o consumo de café?				
Sim	6	35,3	4	28,6
Não	11	64,7	10	71,4

No que concerne aos efeitos atribuídos ao café durante o estudo, uma maioria substancial dos participantes do grupo experimental (70,6%) considerou que o café melhora a concentração, valor superior ao do grupo controlo (42,9%). No que diz respeito à memória, 41,2% dos participantes do grupo experimental e 35,7% do grupo controlo indicaram perceber melhorias associadas ao consumo de café.

Por fim, no que diz respeito à intenção de reduzir o consumo de café, a maioria dos participantes afirmou não ter ponderado essa possibilidade - 64,7% no grupo experimental e 71,4% no grupo controlo. Apenas uma minoria considerou a hipótese de redução do consumo: 35,3% no grupo experimental e 28,6% no grupo controlo (Tabela 3).

No que respeita à análise inferencial, foram realizados testes estatísticos não paramétricos, uma vez que os pressupostos de normalidade não se verificaram na maioria das variáveis. O teste do qui-quadrado foi utilizado para avaliar associações entre variáveis categóricas, e a correlação de *Spearman* foi aplicada em variáveis ordinais.

Não foram encontradas associações estatisticamente significativas entre a área de estudo e a frequência de consumo de café ($\chi^2(9) = 3.543, p = .939$), entre o sexo dos participantes e as motivações para o consumo ($\chi^2(3) = 2.675, p = .444$), nem entre o sexo e a frequência de consumo ($\chi^2(3) = 0.876, p = .831$). A idade também não apresentou associação significativa com a frequência de consumo ($r^2 = -0.035, p = .852$).

A associação entre a frequência de consumo de café e a percepção de melhoria da concentração revelou um resultado próximo da significância estatística, com $\chi^2(6) = 12.413, p = .053$. Já a associação entre a frequência de consumo e a percepção de melhoria da memória não foi estatisticamente significativa, $\chi^2(6) = 9.314, p = .157$.

Observou-se uma correlação positiva e estatisticamente significativa entre a percepção subjetiva de dependência (escala de 1 a 5) e o número de vezes que os participantes consomem café por dia ($r^2 = 0.415, p = .039$). Contudo, não foi identificada correlação estatisticamente significativa entre o número de vezes que os participantes consomem café por dia e a intenção de reduzir o consumo ($r^2 = -0.303, p = .141$).

2. Desempenho Cognitivo nas Tarefas n-back

A análise do desempenho cognitivo dos participantes nas tarefas experimentais de memória de trabalho (0-back e 3-back), foi realizada no contexto do protocolo com *fNIRS*. Estas tarefas foram conduzidas em três tempos distintos T1, T2 e T3, permitindo avaliar a evolução da precisão e do tempo de reação ao longo do tempo, comparando os grupos experimental (café) e controlo (descafeinado).

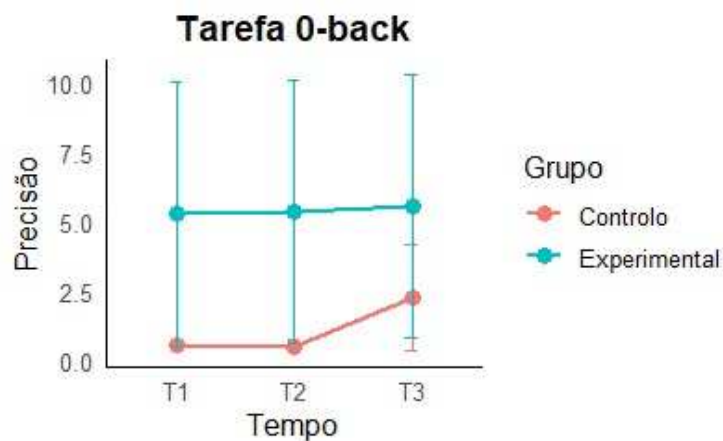
A precisão na tarefa 0-back foi analisada através de uma ANOVA de medidas repetidas nos 2 grupos controlo e experimental) e nos 3 tempos de recolha (T1, T2, T3). O

teste de Mauchly confirmou a assunção de esfericidade, $\chi^2(2) = 0.999$, $p = .987$, não sendo necessária qualquer correção.

Os resultados não evidenciaram efeito significativo do tempo, $F(2, 58) = 0.042$, $p = .959$, nem interação significativa entre grupo e tempo, $F(2, 58) = 0.024$, $p = .977$. Do mesmo modo, não se observou um efeito principal significativo do grupo, $F(1, 29) = 5.19$, $p = .147$. Contudo, a análise post hoc de Tukey revelou uma diferença significativa entre os grupos no T2. (Figura 4).

Figura 4.

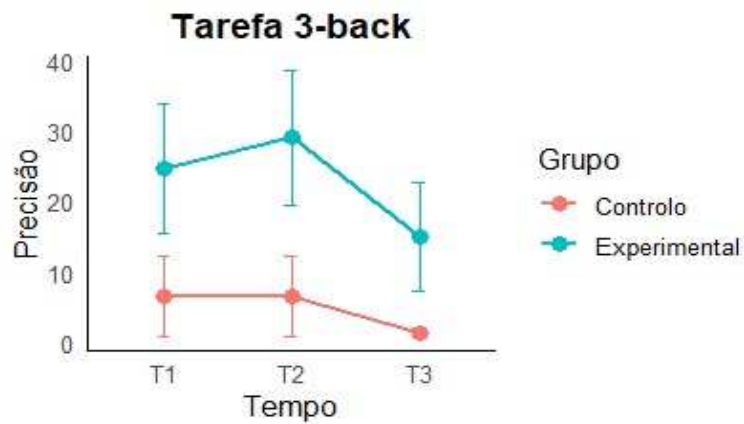
Evolução da precisão na tarefa 0-back ao longo dos três tempos de medição (T1, T2, T3), por grupo (experimental vs. Controle).



Na tarefa 3-back, o teste de Mauchly voltou a confirmar a esfericidade, $\chi^2(2) = 0.844$, $p = .930$, pelo que não foram aplicadas correções aos graus de liberdade. Os resultados indicaram a ausência de efeitos significativos do fator tempo, $F(2, 58) = 1.271$, $p = .288$, bem como a inexistência de uma interação significativa entre os grupos e os tempos, $F(2, 58) = 0.247$, $p = .782$. Contudo, verificou-se uma diferença significativa entre grupos, $F(2, 29) = 5.421$, $p = .027$. A análise post hoc revelou uma diferença marginalmente não significativa entre grupos ao longo do tempo no T2 ($p = .067$). O mesmo teste não encontrou diferenças significativas entre grupos no T1 e T3 ($p > .05$) (Figura 5).

Figura 5.

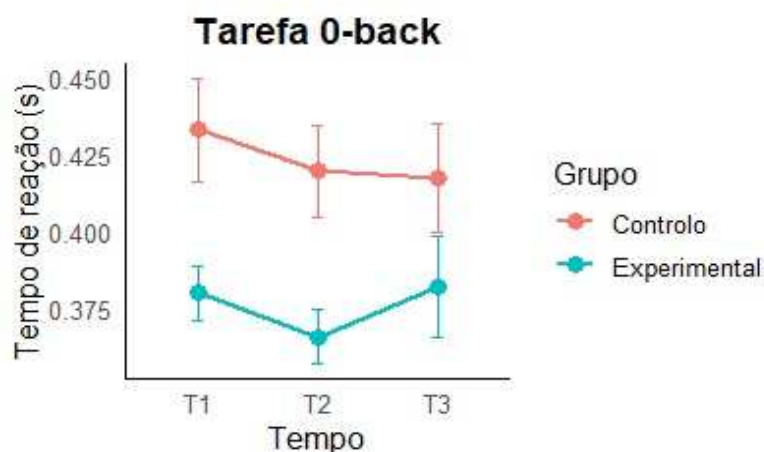
Evolução da precisão na tarefa 3-back ao longo dos três tempos de medição (T1, T2, T3), por grupo (experimental vs. controlo).



Relativamente ao tempo de reação na tarefa 0-back, a assunção de esfericidade foi violada, $\chi^2(2) = 0.539$, $p < .001$, tendo sido aplicada a correção de Greenhouse-Geisser. Não se verificaram efeitos significativos do tempo, $F(1.37, 35.61) = 0.568$, $p = .508$, nem uma interação significativa entre grupo e tempo, $F(1.37, 35.61) = 0.962$, $p = .361$. Foi, contudo, encontrado um efeito principal significativo do grupo, $F(2, 26) = 7.831$, $p < .01$. A análise post hoc indicou uma diferença estatisticamente significativa no T3 (Figura 6).

Figura 6.

Tempo médio de reação na tarefa 0-back ao longo dos três tempos de medição (T1, T2, T3), por grupo (experimental vs. controlo).

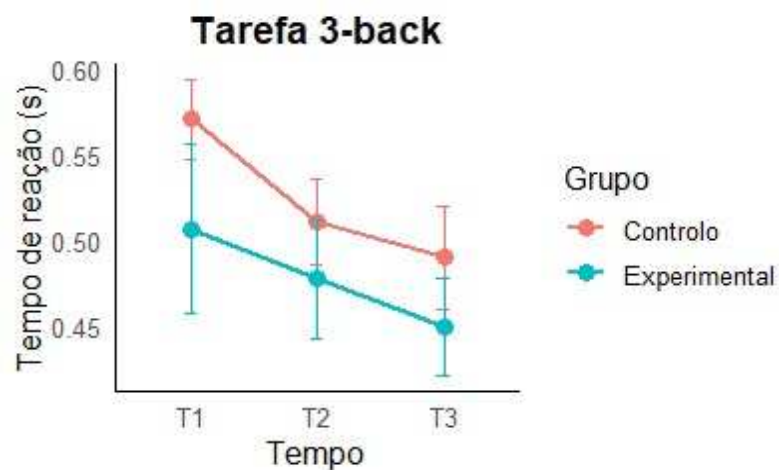


Por fim, na tarefa 3-back, a violação da esfericidade foi novamente confirmada, $\chi^2(2) = 0.546$, $p < .001$, sendo aplicada a correção de Greenhouse-Geisser. Não foram identificados efeitos significativos do grupo, $F(2, 26) = 1.377$, $p = .258$, nem interação significativa grupo e tempo, $F(1.37, 39.90) = 0.726$, $p = .726$. Observou-se, contudo, um efeito significativo da

variável tempo, $F(1.37, 39.90) = 3.972, p = .036$. O teste de comparações múltiplas (Tukey) revelou uma diferença marginalmente não significativa entre ambos os grupos (experimental e controlo) entre T1 e T2, Este efeito revelou uma tendência de descida progressiva no tempo de reação em ambos os grupos (Figura 7).

Figura 7.

Tempo médio de reação na tarefa 3-back ao longo dos três tempos de medição (T1, T2, T3), por grupo (experimental vs. controlo).



3. Resultados com Base em Métricas *fNIRS*

A análise de classificação por SVC, baseada nas métricas extraídas dos sinais *fNIRS*, permitiu avaliar a distinção entre tarefas cognitivas (0-back e 3-back) ao longo de três tempos experimentais (T1, T2 e T3).

A métrica utilizada para avaliação do desempenho do classificador foi a precisão, refletindo a proporção de classificações corretas em relação ao total de casos analisados (Tabela 4).

Tabela 4.

Valores de precisão do classificador SVC por tarefa e tempo experimental

Tempos	Tarefa	Precisão
1	0-back	1.000
1	3-back	1.000
2	0-back	1.000
2	3-back	1.000
3	0-back	0.724
3	3-back	1.000

Verificou-se que o desempenho do classificador SVC foi, de forma geral, elevado, apresentando valores de precisão máximos (1.000) na maioria das combinações entre tarefa (0-back e 3-back) e tempo experimental. Estes valores indicam que o classificador foi capaz de distinguir corretamente, em 100% dos casos, os participantes dos grupos experimental e de controlo. A exceção ocorreu no terceiro tempo da tarefa 0-back, em que a precisão foi de 0.724, o que representa uma taxa de acerto de 72,4% e uma margem de erro de 27,6% na distinção entre os grupos.

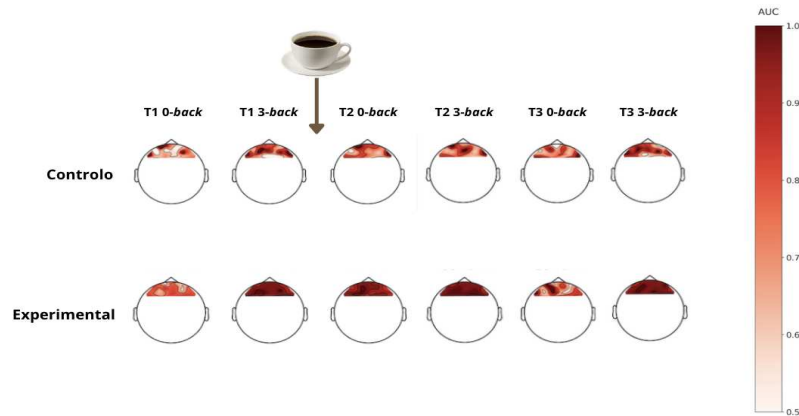
Com base nas métricas em que o classificador obteve os melhores desempenhos, procedeu-se à análise topográfica da atividade cerebral, com o objetivo de explorar como as diferenças entre grupos se refletiram na distribuição espacial do sinal ao longo do córtex pré-frontal. Esta análise permitiu uma visualização mais detalhada das regiões onde a variação da ativação foi mais expressiva, contribuindo para uma interpretação mais fina dos efeitos observados.

Em seguida, analisou-se a atividade cerebral com base nos mapas de calor gerados pelo *fNIRS*. A coloração mais intensa (vermelho-escuro) nos mapas representa uma maior variabilidade da atividade cerebral ao longo do tempo, refletindo flutuações mais acentuadas nos níveis de ativação hemodinâmica nas regiões corticais analisadas.

Antes da ingestão da bebida experimental (T1), observa-se uma variabilidade de ativação relativamente moderada e difusa em ambos os grupos - experimental e controlo, sugerindo-se um estado basal comparável (Figura 8). Ainda assim, no grupo experimental observa-se já neste tempo uma variabilidade de ativação mais intensa na tarefa 3-back, com zonas de coloração mais escura. No que concerne à tarefa 0-back, denota-se um aumento da ativação da variabilidade cortical pré-frontal do T1 para T2 no grupo experimental. Esta coloração intensificada tende, contudo, a diminuir no T3. Já o grupo controlo mantém padrões de variabilidade ativação mais discretos e estáveis ao longo dos três tempos, sem variações visíveis de maior expressão.

Figura 8.

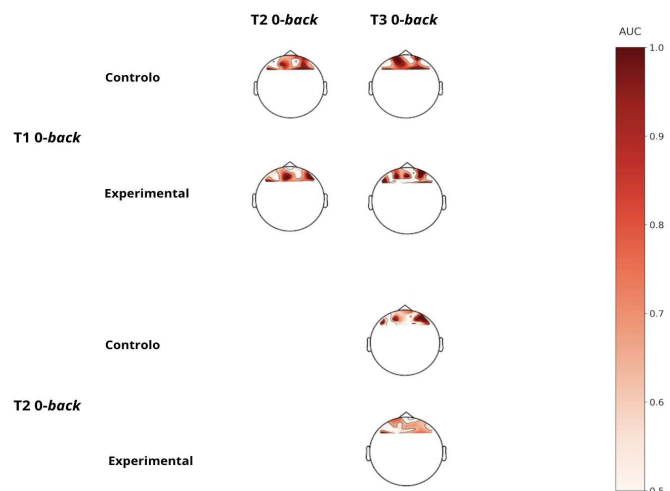
Mapa topográfico relativo à variabilidade da atividade cerebral pré-frontal antes e após a ingestão da bebida experimental durante a execução das tarefas 0-back e 3-back (baseline)



Analisando a tarefa 0-back, centrada em processos atencionais e reconhecimento imediato de estímulos, o grupo experimental evidencia uma variabilidade de ativação mais visível nas regiões dorsolaterais (dlPFC) e ventrolaterais (vlPFC) do córtex pré-frontal, especialmente no T2, imediatamente após a ingestão da bebida experimental (Figura 9). No T3, esta coloração apresenta uma ligeira atenuação. O grupo controlo, por sua vez, apresenta um aumento da variabilidade da ativação cerebral mais ténue e uniforme no decorrer dos tempos, com reduzidas alterações nas regiões analisadas.

Figura 9.

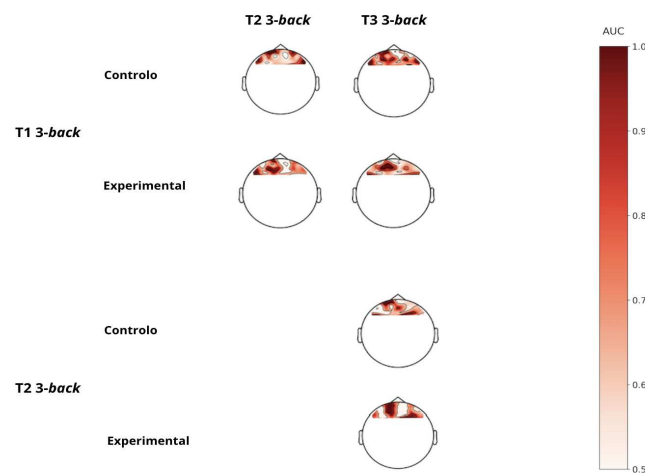
Mapa topográfico relativo à variabilidade da atividade cerebral durante a tarefa 0-back entre o T1 e o T2 e T3; e entre o T2 e T3



Face a tarefa 3-back, que envolve uma carga cognitiva superior, particularmente, na memória de trabalho, observa-se um aumento da variabilidade da ativação cerebral em ambos os grupos, com maior intensidade no grupo experimental (Figura 10). Esta evolução, ao longo do T2 e T3, é acompanhada por zonas de coloração mais escura nas regiões dIPFC, implicadas na manutenção e manipulação de informação. O grupo controlo revela também um ligeiro aumento da variabilidade da ativação, embora menos expressivo e menos consistente.

Figura 10.

Mapa topográfico relativo à variabilidade da atividade cerebral durante a tarefa 3-back nos três tempos experimentais (T1, T2, T3)



Complementando os dados globais de conectividade funcional, a análise canal a canal revelou alterações estatisticamente significativas ao longo dos diferentes tempos experimentais, evidenciando dinâmicas regionais no córtex pré-frontal durante a execução das tarefas n-back. Importa referir que, na configuração do equipamento *fNIRS*, cada canal corresponde a uma combinação entre uma fonte de emissão (S, *source*) e um detetor (D, *detector*), permitindo localizar as alterações hemodinâmicas em regiões específicas da superfície cortical (Figura 2).

No que diz respeito à comparação entre a *baseline* e a tarefa 0-back, foram identificadas alterações, no T1, na região dIPFC esquerda (S3-D4 e S3-D2). No T2, verificou-se uma variabilidade na ativação em regiões dIPFC e vIPFC (S6-D6 e S8-D6), implicadas na vigilância atencional e preparação motora. No T3, apenas a região dIPFC (S1-D1) revelou variabilidade da ativação significativa, indicando uma resposta mais localizada. Durante a execução da tarefa 0-back, as comparações entre momentos revelaram: entre T1 e T2, alterações na vIPFC direita (S2-D3) e dIPFC esquerda (S6-D4); entre T1 e T3, envolvimento

da vIPFC (S2-D1) e dIPFC (S6-D6); e entre T2 e T3, alterações na dIPFC esquerda (S3-D3 e S3-D2).

Relativamente à comparação entre a baseline e a tarefa 3-back, observou-se um envolvimento progressivo de diferentes regiões. No T1, a dmPFC apresentou diferenças significativas (S4-D2 e S4-D4). No T2, persistiram alterações nas zonas dmPFC e dIPFC (S5-D6 e S4-D4), refletindo continuidade na variabilidade da ativação. No T3, voltou a observar-se ativação nas regiões dIPFC e vIPFC (S6-D6 e S8-D6).

Na tarefa 3-back, as diferenças temporais foram também evidentes. Entre T1 e T2, registaram-se alterações na dmPFC direita (S4-D5) e dIPFC direita (S4-D4). Entre T1 e T3, surgiram diferenças na dIPFC direita e esquerda (S7-D5 e S3-D3). Por fim, entre T2 e T3, observou-se variabilidade ativação na dIPFC esquerda (S2-D1) e na dmPFC (S4-D5).

Discussão

O presente estudo procurou investigar os efeitos do consumo de café na memória de trabalho de estudantes universitários, recorrendo a um protocolo experimental que utilizou metodologias diversas. O protocolo experimental integrou um questionário sociodemográfico, medidas de autorrelato e tarefas cognitivas (n-back), em dois níveis de complexidade cognitiva diferentes (0-back e 3-back). As tarefas cognitivas foram realizadas antes e após a ingestão de uma bebida, tendo sido recolhidos dados de neuroimagem funcional, o que permitiu avaliar a atividade cerebral associada ao desempenho cognitivo. A adoção desta metodologia experimental permitiu uma análise abrangente dos efeitos do café tanto a nível subjetivo, como a nível neurofisiológico e comportamental, através da comparação entre grupos e tempos. Apesar de não integrarem diretamente as tarefas experimentais, os dados sociodemográficos recolhidos oferecem uma perspetiva essencial sobre o contexto em que se insere o consumo de café. O elevado número de participantes que referiu consumi-lo “diariamente” e “há mais de dois anos”, confirma que esta substância é amplamente utilizada por estudantes universitários como estratégia de suporte à performance cognitiva. Este padrão de consumo não só está alinhado com a literatura existente (Kassaw et al., 2024; Lone et al., 2023), como justifica a pertinência do presente estudo: compreender se este consumo de café se traduz, de facto, em efeitos objetivos na memória de trabalho.

A perceção de dependência revelou-se proporcional à quantidade de café ingerida, evidenciada por uma correlação estatisticamente significativa entre estas variáveis. Tal tendência aponta para um hábito consolidado, que os próprios estudantes reconhecem como difícil de modificar (Viana et al., 2024). Esta perceção poderá também influenciar o próprio desempenho nas tarefas, através da ativação de mecanismos de expectativa. Acreditar que o café melhora a concentração e a memória pode levar os participantes a mobilizar mais esforço cognitivo, independentemente da presença efetiva de cafeína, o que levanta a

possibilidade de um efeito placebo. Esta hipótese ganha relevo sobretudo em momentos de medição em que não se verificaram diferenças estatisticamente significativas entre grupos, podendo tal ausência de diferenças refletir uma influência das expectativas sobre o desempenho.

Do mesmo modo, a crença de que o café melhora a concentração, partilhada pela maioria dos participantes, sugere uma expectativa generalizada de que o seu consumo potencia o estado de alerta e a atenção (Kim et al., 2021), o que poderá ter influenciado a percepção de eficácia cognitiva. Esta percepção, coerente com evidência empírica sobre os efeitos do café em tarefas simples (Alves et al., 2009), poderá ajudar a interpretar as variações comportamentais observadas nos momentos imediatos após a ingestão, como a maior rapidez de resposta na tarefa 0-back, registada no T2 no grupo experimental. Este resultado poderá traduzir uma maior capacidade de manter a atenção sustentada, mesmo que não se tenha refletido diretamente em ganhos de memória de trabalho. Tendo em conta que o pico de ação do café tende a ocorrer entre 30 e 45 minutos após a ingestão (Yuan et al., 2020), é plausível que os efeitos registados no T2 (15 minutos) sejam, pelo menos parcialmente, influenciados por mecanismos de expectativa.

A ausência de intenção de redução por parte da maioria dos participantes pode ser interpretada como reflexo da normalização social do consumo de café no meio académico (Kassaw et al., 2024). Esta estabilidade comportamental, mesmo sem uma correlação significativa com a quantidade consumida, poderá apontar para um padrão consolidado e resistente à mudança. Este dado adquire particular relevância no contexto da presente investigação: se o café é consumido de forma habitual com base em crenças de melhoria cognitiva, torna-se ainda mais pertinente avaliar, com dados objetivos, se esse efeito se verifica efetivamente.

Por fim, importa sublinhar que, apesar do seu valor interpretativo, os dados do questionário assentam em medidas de autorrelato, estando por isso sujeitos a enviesamentos. A sua utilidade reside sobretudo em contextualizar os resultados comportamentais e neurofisiológicos e em ajudar a compreender a complexa relação entre percepção, expectativa e desempenho - reforçando, assim, a importância de uma abordagem metodológica integrada (Jahedi & Méndez, 2014).

Ao nível do desempenho, os efeitos do café mostraram-se diferenciados consoante a tarefa. Na tarefa 0-back, considerada uma medida de atenção sustentada, observou-se uma diferença significativa de precisão no T2 entre grupos, sugerindo um possível impacto do café na capacidade de manter a atenção e processar estímulos rapidamente. Esta tendência está alinhada com estudos que sugerem que o café pode potenciar a rede de alerta e melhorar a velocidade de processamento em tarefas com exigência cognitiva reduzida (Alves et al., 2009). Do ponto de vista neurofuncional, a ativação transitória das regiões dlPFC e vlPFC

poderá refletir essa prontidão atencional induzida pelo café, seguida de uma atenuação da resposta, possivelmente explicada por fenômenos de automatização ou habituação (Chein & Schneider, 2005; Segal & Elkana, 2023).

Em contraste, os resultados da tarefa 3-back – mais exigente e representativa da memória de trabalho – não revelaram diferenças significativas no desempenho entre grupos. Contudo, observou-se uma variabilidade da ativação mais intensa no grupo experimental nas regiões dlPFC, dmPFC e vlPFC. Estas regiões estão associadas à manipulação ativa de informação, foco atencional e regulação executiva (Linden et al., 2003; Barbey et al., 2013), pelo que a variabilidade da atividade registada poderá indicar um maior esforço cognitivo ou alocação de recursos mentais. Esta dissociação entre ativação cerebral e desempenho comportamental poderá indicar que os efeitos do café, em tarefas de maior complexidade, são mais subtis e menos diretamente observáveis a nível comportamental.

Importa, ainda, refletir sobre a lateralização da ativação pré-frontal observada. De acordo com Syce (2019), a codificação da informação na memória de curto prazo tende a ocorrer no hemisfério esquerdo, enquanto a recuperação envolve o hemisfério direito. Embora a variabilidade da atividade cerebral observada tenha sido, no geral, bilateral, verificou-se uma ligeira tendência para maior envolvimento do hemisfério esquerdo nas tarefas 3-back no grupo experimental. Este padrão poderá refletir um reforço dos processos de codificação sob o efeito do café, ajustando-se às exigências cognitivas específicas de cada tarefa.

A manutenção de uma ativação consistente ao longo do tempo, sobretudo na tarefa 3-back, parece indicar um impacto mais duradouro do café sob condições de maior exigência, em linha com investigações que destacam a fiabilidade das respostas neuronais em tarefas complexas (Yuan et al., 2020). Já a tarefa 0-back, de menor exigência cognitiva, foi aquela onde se verificaram efeitos estatisticamente significativos ao nível comportamental, tanto na precisão como no tempo de reação, sugerindo um possível impacto do café na prontidão atencional e na velocidade de processamento. Ainda que estes efeitos não impliquem ganhos na memória de trabalho em sentido estrito, poderão refletir uma maior capacidade de manter a atenção em contextos de vigilância sustentada. Por outro lado, na tarefa 3-back, mais representativa da memória de trabalho, não se observaram diferenças comportamentais significativas entre grupos, embora os dados de variabilidade da ativação cerebral revelem um padrão mais robusto e consistente no grupo experimental. Esta distinção sugere que os efeitos do café variam consoante a exigência da tarefa, tornando-se mais evidentes em funções atencionais básicas, como a vigilância e a rapidez de resposta. Já os efeitos sobre processos mais complexos, como a codificação e a manipulação ativa de informação, poderão ser mais subtis e exigir maior carga cognitiva ou amostras de maior dimensão.

Ainda que não tenham sido observadas diferenças significativas entre grupos no desempenho comportamental da tarefa 3-back, os mapas topográficos de calor apresentados

revelaram padrões distintos na atividade da região pré-frontal. Esta tendência, observada sobretudo no grupo experimental, poderá refletir uma manutenção do foco atencional e uma maior facilidade na recuperação de memórias a curto prazo, apoiando a hipótese de que o padrão de consumo de café influencia subtilmente a dinâmica cognitiva, mesmo sem diferenças globais estatisticamente significativas.

De forma integrada, os dados obtidos permitem concluir que os efeitos do café na cognição não são homogêneos, mas parecem depender da natureza da tarefa e dos processos envolvidos. Como já referido, na tarefa 0-back, observaram-se efeitos estatisticamente significativos tanto na precisão como no tempo de reação, sugerindo um impacto positivo do café em funções de atenção sustentada e prontidão de resposta. Já na tarefa 3-back, não foram encontradas diferenças comportamentais significativas entre grupos, embora a ativação cerebral tenha evidenciado um padrão mais robusto no grupo experimental. Este contraste sugere que os efeitos do café poderão manifestar-se de forma mais evidente em tarefas atencionais, e de forma mais subtil - ou apenas neuronal - em tarefas que exigem maior carga cognitiva. Neste sentido, os resultados da presente investigação contribuem para clarificar a utilidade real do consumo de café no contexto académico, validando parcialmente as crenças dos estudantes quanto ao seu impacto cognitivo, ainda que com efeitos diferenciados conforme a complexidade das tarefas.

Importa, ainda, ressaltar o potencial papel do efeito placebo como um fator complementar na interpretação dos resultados. Tal como já referido ao longo da investigação, todos os participantes presumiam que iriam consumir café, independentemente da condição experimental, uma vez que essa informação não lhes foi contrariada. Apenas no final do protocolo, foi revelado o tipo de bebida ingerida e, através de uma análise qualitativa realizada após essa revelação, verificou-se que nenhum participante demonstrou suspeitas sobre a bebida que ingeriu, assumindo todos que tinham consumido café. Este facto poderá ter ativado crenças prévias sobre os seus efeitos, levando a alterações no foco, motivação ou empenho durante as tarefas cognitivas, mesmo nos casos em que foi ingerido descafeinado. A influência das expectativas não invalida os resultados, mas contribui para uma compreensão mais ampla da forma como fatores subjetivos podem interagir com o desempenho cognitivo. Ou seja, este fenómeno destaca a importância de considerar não apenas os efeitos fisiológicos do café, mas também o impacto das crenças e expectativas individuais no desempenho cognitivo, particularmente em contextos académicos onde o esforço mental é elevado e o consumo desta substância é amplamente normalizado.

Apesar dos contributos deste estudo, algumas limitações devem ser reconhecidas. O reduzido tamanho da amostra pode ter comprometido o poder estatístico necessário para detetar efeitos subtis e distribuição desigual por sexo limita a generalização dos resultados. A extensão do procedimento experimental poderá ter contribuído para a fadiga dos participantes

ou para fenómenos de habituação às tarefas cognitivas, o que pode comprometer a sensibilidade à deteção de efeitos mais subtis do café, particularmente nas fases mais tardias do protocolo. Além disso, o protocolo poderá não ter captado totalmente o pico ou a manutenção dos efeitos fisiológicos do café, dada a variabilidade individual na sua metabolização.

Conclusão

O presente estudo teve como objetivo investigar os efeitos do consumo de café na memória de trabalho de estudantes universitários, através de um protocolo experimental que integrou um questionário sociodemográfico, medidas de autorrelato e tarefas cognitivas (n-back, em dois níveis de complexidade: 0-back e 3-back), realizadas antes (T1) e após a ingestão de uma bebida experimental (T2 e T3). Durante a execução das tarefas, foram recolhidos dados de neuroimagem funcional com recurso à técnica *fNIRS*, permitindo avaliar a atividade cerebral associada ao desempenho cognitivo.

A nível comportamental, os resultados revelaram efeitos distintos consoante a tarefa. No caso da tarefa 0-back, de menor complexidade cognitiva, observaram-se efeitos estatisticamente significativos tanto ao nível da precisão como do tempo de reação, sugerindo um possível impacto do café na prontidão atencional e na velocidade de processamento. Já na tarefa 3-back, mais exigente e representativa da memória de trabalho, não se verificaram diferenças significativas entre grupos no desempenho comportamental, apesar de ter sido registada uma ativação cerebral mais robusta nas regiões pré-frontais no grupo experimental, em particular nas áreas dIPFC, dmPFC e vIPFC.

Esta dissociação entre padrões neurofuncionais e desempenho comportamental na tarefa 3-back poderá refletir a complexidade dos processos envolvidos na memória de trabalho e a necessidade de amostras maiores para detetar efeitos mais subtis. Além disso, foi identificada uma tendência para maior ativação do hemisfério esquerdo nas tarefas mais exigentes, sugerindo um possível reforço dos processos de codificação sob o efeito do café.

Em síntese, os dados sugerem que os efeitos do café na cognição não são uniformes, mas dependem da natureza da tarefa e da carga cognitiva exigida. Os efeitos comportamentais foram mais evidentes em tarefas atencionais, como a 0-back, enquanto os efeitos neurofisiológicos se manifestaram de forma mais clara em tarefas de maior exigência, como a 3-back. Estes resultados validam parcialmente as crenças dos estudantes quanto ao impacto cognitivo do café. No que respeita à memória de trabalho, os dados comportamentais não indicaram melhorias significativas, mas a ativação cerebral observada sugere que o café poderá influenciar este processo a um nível mais subtil, reforçando a codificação e a alocação de recursos cognitivos. Assim, os resultados apontam para um possível efeito do café na

memória de trabalho, ainda que não diretamente observável através do desempenho, o que justifica a continuação da investigação nesta área.

Referências bibliográficas

- Abdelnour, A. F., & Huppert, T. J. (2009). Real-time imaging of human brain function by near-infrared spectroscopy using an adaptive general linear model. *NeuroImage*, 46(1), 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.01.033>
- Adam, L. C., Repantis, D., Konrad, B. N., Dresler, M., & Kühn, S. (2021). Memory enhancement with stimulants: Differential neural effects of methylphenidate, modafinil, and caffeine. A pilot study. *Brain and Cognition*, 154, 105802. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2021.105802>
- Alves, R. C., Casal, S., & Oliveira, B. (2009). Benefícios do café na saúde: Mito ou realidade? *Química Nova*, 32(8), 2169–2180. <https://doi.org/10.1590/s0100-40422009000800031>
- American Psychiatric Association. (2013). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders* (5th ed.). APA Publishing.
- Ayaz, H., Shewokis, P. A., Bunce, S., Izzetoglu, K., Willems, B., & Onaral, B. (2012). Optical brain monitoring for operator training and mental workload assessment. *NeuroImage*, 59(1), 36–47. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.06.023>
- Bae, J., Park, J., Im, S., & Song, D. (2014). Coffee and health. *Integrative Medicine Research*, 3(4), 189–191. <https://doi.org/10.1016/j.imr.2014.08.002>
- Barbey, A. K., Koenigs, M., & Grafman, J. (2012). Dorsolateral prefrontal contributions to human working memory. *Cortex*, 49(5), 1195–1205. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2012.05.022>
- Bayne, T., Brainard, D., Byrne, R. W., Chittka, L., Clayton, N., Heyes, C., Mather, J., Ölveczky, B., Shadlen, M., Suddendorf, T., & Webb, B. (2019). What is cognition? *Current Biology*, 29(13), R608–R615. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.05.044>
- Booth, N., Saxton, J., & Rodda, S. (2020). Estimates of Caffeine Use Disorder, Caffeine Withdrawal, Harm and Help-seeking in New Zealand: A cross-sectional survey. *Addictive Behaviors*, 109, 106470. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2020.106470>
- Chandra, H., Istiqomah, S., Purnama, A. R. W., Rafsanjana, S. R., & Rosyid, A. (2023). The effect of age, sleep duration, learning duration, and coffee intake on short-term memory. *Journal of Engineering & Management in Industrial System*, 11(2), 97–104. <https://doi.org/10.21776/ub.jemis.2023.011.02.2>
- Chein, J. M., & Schneider, W. (2005). Neuroimaging studies of practice-related change: fMRI and meta-analytic evidence of a domain-general control network for learning. *Cognitive Brain Research*, 25(3), 607–623. <https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.08.013>

- Choi, J. (2020). Motivations Influencing Caffeine Consumption Behaviors among College Students in Korea: Associations with Sleep Quality. *Nutrients*, 12(4), 953. <https://doi.org/10.3390/nu12040953>
- Darvishi, A., Khosravi, H., Sadiq, S., & Weber, B. (2021). Neurophysiological Measurements in Higher Education: A Systematic Literature review. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(2), 413–453. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00256-0>
- De Mejia, E. G., & Ramirez-Mares, M. V. (2014). Impact of caffeine and coffee on our health. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 25(10), 489–492. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2014.07.003>
- Demura, S., Aoki, H., Mizusawa, T., Soukura, K., Noda, M., & Sato, T. (2013). Gender differences in coffee consumption and its effects in young people. *Food and Nutrition Sciences*, 4(7), 748–757. <https://doi.org/10.4236/fns.2013.47096>
- De Souza Albero, B. A., Macedo, E. M. P., Holanda, I. R., Coimbra, C. Y. M. N. N., Quiñones, E. M., Maccagnan, P., & Diniz, R. E. (2021, September 13). Café e saúde humana: Uma revisão bibliográfica. *Revista Higei@ - Revista Científica de Saúde*. <https://periodicos.unimesvirtual.com.br/index.php/higeia/article/view/1265/1063>
- Golzar, J., Noor, S., & Tajik, O. (2022). Convenience sampling. *International Journal of Education & Language Studies*, 1(2), 72-77. <https://doi.org/10.22034/ijels.2022.162981>
- Gómez, C. M., Linares, R., Rodríguez-Martínez, E. I., & Pelegrina, S. (2024). Age-related changes in brain oscillatory patterns during an N-back task in children and adolescents. *International Journal of Psychophysiology*, 202, 112372. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2024.112372>
- Grosso, G., Godos, J., Galvano, F., & Giovannucci, E. L. (2017). Coffee, caffeine, and health outcomes: An umbrella review. *Annual Review of Nutrition*, 37(1), 131–156. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-071816-064941>
- IBM Corp. (2021). *IBM SPSS Statistics for Macintosh* (Versão 30.0) [Software]. IBM Corp.
- Jahedi, S., & Méndez, F. (2014). On the advantages and disadvantages of subjective measures. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 98, 97–114. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2013.12.016>
- Jamaludin, M., Shariff, M. A., Ismail, Z., Aznan, E. A. M., & Miswan, M. S. (2021). The comparison effect between pure caffeine and regular coffee on attention performance among university students. *Proceedings of the International Conference on Language, Education, Humanities & Social Sciences*. <https://ir.uitm.edu.my/id/eprint/44455/>

- Jöbsis, F. F. (1977). *Noninvasive, infrared monitoring of cerebral and myocardial oxygen sufficiency and circulatory parameters*. *Science*, 198(4323), 1264–1267. <https://doi.org/10.1126/science.929199>
- Kassaw, C., Regasa, R., Negash, M., Alemwork, A., Abebe, L., Yimer, S., Anbesaw, T., & Alemayehu, S. (2024). Problematic coffee use and associated factors among medical and health science students in Dilla University, Ethiopia. *SAGE Open Medicine*, 12. <https://doi.org/10.1177/20503121241235455>
- Kharaba, Z., Sammani, N., Ashour, S., Ghemrawi, R., Meslamani, A. Z. A., Al-Azayzih, A., Buabeid, M. A., & Alfoteih, Y. (2022). Caffeine consumption among various university students in the UAE: Exploring the frequencies, different sources and reporting adverse effects and withdrawal symptoms. *Journal of Nutrition and Metabolism*, 2022, 1–7. <https://doi.org/10.1155/2022/5762299>
- Kim, H., Kang, S. H., Kim, S. H., Kim, S. H., Hwang, J., Kim, J., Han, K., & Kim, J. B. (2021). Drinking coffee enhances neurocognitive function by reorganizing brain functional connectivity. *Scientific Reports*, 11(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93849-7>
- Knowlton, B. J., & Castel, A. D. (2021). Memory and reward-based learning: A value-directed remembering perspective. *Annual Review of Psychology*, 73(1), 25–52. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-032921-050951>
- Linden, D. E., Bittner, R. A., Muckli, L., Waltz, J. A., Kriegeskorte, N., Goebel, R., Singer, W., & Munk, M. H. (2003). Cortical capacity constraints for visual working memory: Dissociation of fMRI load effects in a fronto-parietal network. *NeuroImage*, 20(3), 1518–1530. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2003.07.021>
- Lone, A., Alnawah, A. K., Hadadi, A., Alturkie, F. M., Aldreweesh, Y. A., & Alhedhod, A. T. (2023). Coffee consumption behavior in young adults: Exploring motivations, frequencies, and reporting adverse effects and withdrawal symptoms. *Psychology Research and Behavior Management*, 16, 3925–3937. <https://doi.org/10.2147/prbm.s427867>
- Mahoney, C. R., Giles, G. E., Marriott, B., Judelson, D. A., Glickman, E. L., Geiselman, P. J., & Lieberman, H. R. (2019). Intake of caffeine from all sources and reasons for use by college students. *Clinical Nutrition*, 38(2), 668–675. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2018.04.004>
- Miller, K., Price, C., Okun, M. S., Montijo, H., & Bowers, D. (2009). Is the N-back task a valid neuropsychological measure for assessing working memory? *Archives of Clinical Neuropsychology*, 24(7), 711–717. <https://doi.org/10.1093/arclin/acp063>
- Miller, E. K., Lundqvist, M., & Bastos, A. M. (2018). Working memory 2.0. *Neuron*, 100(2), 463–475. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.09.023>

- Moreira, W. A., de Oliveira Freitas Freitas, F. M. N., & Lobo, R. H. (2024). Os efeitos do consumo do café como fator agravante da ansiedade e da depressão. *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, 10(10), 3660–3678. <https://doi.org/10.51891/rease.v10i10.16281>
- Ordem dos Psicólogos Portugueses. (2016). *Código deontológico da Ordem dos Psicólogos Portugueses*. https://www.ordemdospsicologos.pt/pt/codigo_deontologico
- Peirce, J. W., Gray, J. R., Simpson, S., MacAskill, M., Höchenberger, R., Sogo, H., Kastman, E., & Lindeløv, J. K. (2019). PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, 51(1), 195–203. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y>
- Pinti, P., Tachtsidis, I., Hamilton, A., Hirsch, J., Aichelburg, C., Gilbert, S., & Burgess, P. W. (2020). The present and future use of functional near-infrared spectroscopy (fNIRS) for cognitive neuroscience. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1464(1), 5–29. <https://doi.org/10.1111/nyas.13948>
- Pinto, A. G. (2024, December 17). Setor do café está a crescer mas vive momentos desafiantes. *Hipersuper*. <https://www.hipersuper.pt/2024/12/17/294075>
- Ren, Y., Cui, G., Zhang, X., Feng, K., Yu, C., & Liu, P. (2022). The promising fNIRS: Uncovering the function of prefrontal working memory networks based on multi-cognitive tasks. *Frontiers in Psychiatry*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2022.985076>
- Samoggia, A., & Riedel, B. (2018). Coffee consumption and purchasing behavior review: Insights for further research. *Appetite*, 129, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2018.07.002>
- Segal, O., & Elkana, O. (2023). The ventrolateral prefrontal cortex is part of the modular working memory system: A functional neuroanatomical perspective. *Frontiers in Neuroanatomy*, 17. <https://doi.org/10.3389/fnana.2023.1076095>
- Smith, A. B., Jones, B. C., & Brown, M. D. (2020). Effects of caffeine on human behavior. *Food and Chemical Toxicology*, 136, 111059. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2019.111059>
- Syce, D. V. (2019). Can a cup of black coffee enhance cognitive function and short term memory? *Al Ameen Journal of Medical Sciences*, 2(2), 90–94. <https://doaj.org/article/147adcf064b54a92a9f0c4cb5a686d1e>
- Viana, A. L., Filho, C. H. S. G., Santos, A. C. F. D., Nobre, G. S. G., De Medeiros, M. F., Rocha, N. M., & Santos, V. L. (2024). Principais causas e impactos da ingestão excessiva de cafeína por estudantes de graduação: Uma revisão integrativa de literatura. *Observatório de la Economía Latinoamericana*, 22(1), 1643–1655. <https://doi.org/10.55905/oelv22n1-087>
- Volf, N. V., & Privodnova, E. Y. (2022). Habitual coffee consumption alters attention and memory in older adults: Significance of intellectual workload. *Human Physiology*, 48(3), 299–305. <https://doi.org/10.1134/s0362119722030124>

- World Medical Association. (2013). World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical principles for medical research involving human subjects. *JAMA*, *310*(20), 2191. <https://doi.org/10.1001/jama.2013.281053>
- Xu, L., Yang, X., Peng, Z., Song, T., Wang, L., Dai, C., Xu, M., Shao, Y., & Lv, J. (2022). Modafinil ameliorates the decline in pronunciation-related working memory caused by 36-h acute total sleep deprivation: An ERP study. *Neurobiology of Learning and Memory*, *192*, 107625. <https://doi.org/10.1016/j.nlm.2022.107625>
- Yuan, Y., Li, G., Ren, H., & Chen, W. (2020). Caffeine effect on cognitive function during a Stroop task: fNIRS study. *Neural Plasticity*, *2020*, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/8833134>
- Zhang, J. (2019). Cognitive functions of the brain: Perception, attention and memory. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1907.02863>
- Zhang, B., Liu, Y., Wang, X., Deng, Y., & Zheng, X. (2020). Cognition and brain activation in response to various doses of caffeine: A near-infrared spectroscopy study. *Frontiers in Psychology*, *11*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01393>

Anexos

Anexo I.

Questionário desenvolvido para o protocolo experimental

Questionário

Q1 Consentimento informado: Caro(a) participante, o presente estudo, tem como objetivo investigar os efeitos do consumo de café na memória de trabalho em estudantes universitários. Este estudo está integrado no âmbito de um projeto de Mestrado que está a ser desenvolvido no Human Neurobehavioral Laboratory (HNL) da Faculdade de Educação e Psicologia na Universidade Católica Portuguesa (UCP) no Porto.

A participação consiste, inicialmente, no preenchimento deste questionário de maneira a obter informações sociodemográficas de cada participante, a compreender os seus hábitos de consumo de café, bem como a sua perceção face ao consumo do mesmo. A participação terá **aproximadamente a duração máxima de 45 minutos**. De forma a obtermos informação válida, é importante que responda da forma mais sincera possível. **Compromisso Ético e**

Confidencialidade: A sua participação é voluntária, e os dados recolhidos serão tratados de forma confidencial e usados apenas para fins da investigação. Além disso, está garantida a proteção dos seus dados pessoais, de acordo com as normas legais de privacidade. A qualquer momento, tem o direito de abandonar o estudo, sem que tal implique qualquer consequência para si.

Contactos: Para qualquer esclarecimento adicional ou conhecer os resultados da investigação, poderá contactar a investigadora responsável pela execução do estudo, (s-rngrilo@ucp.pt) ou o grupo de investigação através do endereço de e-mail hnl@porto.ucp.pt.

1. Confirmando ter mais de 18 anos de idade e ser estudante universitário.
2. Confirmando que me abstive de consumir café 2/3h antes da experiência.
3. Confirmando que me abstive de fumar 2/3h antes da experiência.
4. Declaro que li e compreendi as informações fornecidas neste documento, bem como as informações que me foram fornecidas pelo investigador.
5. Estou ciente de que posso interromper a participação a qualquer momento e que todos os dados irão permanecer confidenciais.

Q2 Desta forma, aceita participar nesta investigação e permitir a recolha e utilização dos dados, confiando nas garantias de confidencialidade e anonimato que foram referidas?

- Sim, aceito participar neste projeto de investigação. (1)
- Não, não aceito participar neste projeto de investigação. (2)

Q4 Por favor insira neste campo a 1ª Letra do último nome próprio, seguida da 1ª Letra do 1º nome próprio do PAI, seguida da 1ª Letra do 1º nome próprio da MÃE, seguido do Mês no qual nasceu (até o mês 9 inserir um 0 antes) Exemplo: FFO05

Q4 Por favor, indique a sua idade em anos:

Q5 Por favor, indique o seu sexo:

- Masculino (1)
- Feminino (2)
- Prefiro não responder (3)

Q6 Por favor, indique a sua Nacionalidade:

Q7 Por favor, indique o seu estado civil:

- Solteiro(a) (1)
- União de facto (2)
- Casado(a) (3)
- Separado(a)/ Divorciado(a) (4)
- Viúvo(a) (5)

Q8 Por favor refira o seu **curso**:

Q9 Por favor refira o **ano** de curso em que se encontra:

Q10 Por favor, refira a sua faculdade:

Q11 Por favor, indique as suas habilitações académicas (já concluídas):

- Ensino Secundário (1)
- Licenciatura (2)
- Mestrado (3)
- Doutoramento (4)
- Outra (5)

Q12 Atualmente, é fumador?

- Sim (1)
- Não (2)

Q13 Em média, quantos cigarros fuma por dia?

Q14 Tem alguma condição clínica/médica?

- Sim (1)
- Não (2)
- Prefiro não responder (3)

Q15 Se sim, essa condição, atualmente, está controlada?

Q16 Com que frequência consome café?

- Todos os dias (1)
- Várias vezes por semana (2)
- Algumas vezes por semana (3)
- Uma vez por semana (4)

Q17 Se consome café diariamente, quantas vezes por dia consome?

- Uma Vez (1)
- Duas Vezes (2)
- Três Vezes (3)
- Quatro Vezes ou mais (4)

Q18 Há quanto tempo bebe café?

- Menos de 6 meses (1)
- Entre 6 meses a 1 ano (2)
- Entre 1 ano a 2 anos (3)
- Há mais de 2 anos (4)

Q19 Habitualmente, por que motivo bebe café?

- Para aumentar a minha energia (1)
- Para ficar acordado (2)
- Por prazer (sabor) (3)
- Por Hábito social (4)
- Outro (5) _____

Q20 Costuma sentir-se cansado ou irritado quando não bebe café?

- Nunca (1)
- Às vezes (2)
- Frequentemente (3)
- Sempre (4)

Q21 Já teve algum sintoma de abstinência quando não tomou café? (ex.: dor de cabeça, fadiga, irritabilidade)

- Nunca (1)
- Às vezes (2)
- Frequentemente (3)
- Sempre (4)

Q22 Em que situações tem mais necessidade de beber café?

- De manhã (1)
- Antes de estudar (2)
- Durante o estudo (3)
- Outro (4) _____

Q23

	Não me considero dependente (1)	Sinto uma ligeira dependência (2)	Sinto alguma dependência mas consigo controlar (3)	Sinto-me bastante dependente mas não em excesso (4)	Considero-me muito dependente (5)
Identifique a sua necessidade de beber café (dependência)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

numa escala
de 1-5 (1)

Q24 Sente que o café interfere com o seu sono?

- Sim (1)
- Não (2)
- Nunca pensei sobre isso (3)

Q25 Costuma sentir o efeito do café, depois de o tomar?

- Sim (1)
- Não (2)

Q26 Considera que o café melhora a sua concentração/ desempenho cognitivo?

- Sim (1)
- Não (2)
- Nunca pensei sobre isso (3)

Q27 Considera que o café melhora a sua memória enquanto estuda?

- Sim (1)
- Não (2)
- Nunca pensei sobre isso (3)

Q28 Já pensou em reduzir o seu consumo de café? Se sim, por favor indique o motivo.

- Sim (1) _____
- Não (2)

Q29 Como avalia o impacto do café na sua saúde geral?

	Muito Negativo (1)	Negativo (2)	Neutro (3)	Positivo (4)	Muito Positivo (5)
Como avalia o impacto do café na sua saúde geral? (1)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Anexo II.

Figuras explicativas do procedimento experimental apresentadas aos participantes

3-back

4 Não alvo – MEMORIZAR [L]	1 Não alvo [L]	6 Não alvo [L]	4 / 7 Alvo – RESPONDER Igual [A] Não igual [L]
---	-----------------------------	-----------------------------	--

0-back

7 [L]	8 [L]	2 [L]	0 [A]	5 [L]	0 [A]	4 [L]	9 [L]
-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------	-----------------