

**Universidade de São Paulo
Instituto de Matemática e Estatística**

Centro de Estatística Aplicada

Relatório de Análise Estatística

RAE-CEA-24P31

RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA SOBRE O PROJETO:

**“Efeitos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua durante
tarefa cognitiva e física simultânea em atletas”**

Bruno Giriboni de Oliveira

Denise Aparecida Botter

Mônica Carneiro Sandoval

São Paulo, novembro de 2024

CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA - CEA – USP

TÍTULO: Relatório de Análise Estatística sobre o Projeto: “Efeitos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua durante tarefa cognitiva e física simultânea em atletas”.

PESQUISADOR: Gilson Mariano Nery

ORIENTADOR: Prof. Dr. Alexandre Moreira

INSTITUIÇÃO: EEFE-USP

FINALIDADE DO PROJETO: Mestrado

RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE: Bruno Giriboni de Oliveira

Denise Aparecida Botter

Mônica Carneiro Sandoval

REFERÊNCIA DESTE TRABALHO: OLIVEIRA, B.G.; BOTTER, D.A.; SANDOVAL, M.C. **Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Efeitos da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua durante tarefa cognitiva e física simultânea em atletas”**. São Paulo, IME-USP, 2024. (RAE–CEA-24P31)

FICHA TÉCNICA

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSSAB, W.O.; MORETTIN, P.A. (2024). **Estatística Básica**. 10.ed. São Paulo: Saraiva.

CONOVER, W.J. (1999). **Practical Nonparametric Statistics**. 3.ed. New York: John Wiley & Sons.

DRASGOW, F. (1986). **Polychoric and Polyserial Correlations**. In Encyclopedia of Statistical Sciences, vol. 7. New York: John Wiley & Sons.

MORETTIN, P.A.; SINGER, J.M. (2022). **Estatística e Ciência de Dados**. 1.ed. São Paulo: LTC.

NETER, J.; KUTNER, M.H.; LI, W.; NACHTSHEIM, C.J. (2005). **Applied Linear Statistical Models**. 5.ed. Boston: McGraw-Hill.

THAIR, H.; HOLLOWAY, A.L.; NEWPORT, R.; SMITH, A.D. (2017). **Transcranial Direct Current Stimulation (tDCS): A Beginner's Guide for Design and Implementation**. Front Neurosci. doi: 10.3389/fnins.2017.00641. PMID: 29213226; PMCID: PMC5702643.

PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS

Google Docs

Google Sheets

Microsoft Excel for Windows (versão 2010)

R for Windows (versão 4.3.0)

RStudio for Windows (versão 2022.12.0+ 353)

TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Testes de Hipóteses Paramétricas (05:010)

Testes de Hipóteses Não Paramétricas (05:070)

Análise de Variância com Modelos Mistos (08:030)

Análise de Variância Não Paramétrica (08:050)

Comparações Múltiplas (08:090)

ÁREA DE APLICAÇÃO

Médica ou Biológica (14:990)

Resumo

A Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) é um método não-invasivo de estimulação cerebral que consiste na transmissão de corrente elétrica contínua entre eletrodos, com o intuito de modificar ou aprimorar comportamentos, humor ou até mesmo desempenho dos pacientes em diversas atividades cognitivas.

Neste relatório, foi realizada uma análise estatística para avaliar a eficácia da ETCC no aumento de desempenho de atletas. O estudo foi realizado em três sessões: Controle, Placebo e ETCC Ativa. Todas as três sessões consistiram de rotinas semelhantes, que se distinguem apenas no que diz respeito à aplicação do tratamento. Cada um dos 14 atletas participantes do estudo realizou as três sessões. Na análise dos dados foram utilizadas técnicas de ANOVA de medidas repetidas e de testes de Friedman.

Por fim, chegou-se à conclusão de que os resultados, em sua maioria, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos.

Sumário

1. Introdução	8
2. Objetivo	8
3. Descrição do estudo	9
4. Descrição das variáveis	10
5. Análise estatística	13
5.1 Análise descritiva	13
5.1.1 Respostas do Questionário 1	13
5.1.2 Resultados e métricas da Prática	15
5.1.3 Respostas do Questionário 2	16
5.2 Testes de igualdade de médias	17
5.2.1 Efeito das variáveis do Questionário 1	18
5.2.2 Testes para as variáveis da Prática e do Questionário 2	19
6. Conclusões	20
APÊNDICE A	21
APÊNDICE B	41

1. Introdução

A Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua (ETCC) é um método não-invasivo de estimulação cerebral que consiste na transmissão de corrente elétrica contínua entre eletrodos, passando pelo cérebro para completar o circuito, com o intuito de modificar ou aprimorar comportamentos, humor ou até mesmo desempenho dos pacientes em diversas atividades cognitivas (Thair et al., 2017).

Dentro desse contexto, estudos de aplicações da ETCC na área do esporte tornam-se cada vez mais comuns, representando a possibilidade de ganhos de desempenho em um ambiente extremamente competitivo, sem a necessidade de ingestão de substâncias ou de tratamentos invasivos.

No entanto, o estudo e a aplicação da ETCC em ampla escala passam por desafios como a falta de consenso quanto aos protocolos e tensão elétrica ideais a serem utilizados e viés causado pela tendência de estudos serem publicados apenas quando resultados satisfatórios forem atingidos (Thair et al., 2017).

2. Objetivo

A pesquisa tem como objetivo examinar o efeito da Estimulação Transcraniana por Corrente Contínua sobre o córtex pré-frontal dorsolateral no desempenho de atletas em uma atividade que requeira esforços físicos e cognitivos simultaneamente, especialmente no que diz respeito ao tempo de resposta e acurácia em tarefa cognitiva, à distância percorrida em tarefa física no ciclo ergômetro, à velocidade e rotações por minuto em tarefa física, às percepções de esforço e carga mental e à frequência cardíaca.

3. Descrição do estudo

A amostra consiste de 14 atletas de diferentes modalidades selecionados a partir dos seguintes critérios:

- idade entre 18 e 40 anos, de ambos os sexos;
- estar realizando treinamento físico e esportivo para participar em competições de nível estadual, nacional ou internacional, sem interrupção do treinamento regular nos últimos 6 meses;
- participar regularmente em competições de sua modalidade esportiva;
- não apresentar nenhuma desordem neurológica ou psiquiátrica;
- não estar fazendo uso de medicamentos que possam afetar o sistema nervoso central;
- não apresentar nenhuma lesão articular ou muscular;
- não apresentar nenhuma contraindicação conhecida para a utilização da ETCC (i.e. metais implantados na cabeça; marca-passos, lesões no couro cabeludo ou cabeça, ter tido convulsões).

O estudo foi realizado em três sessões: Controle, Placebo e ETCC Ativa (também chamada de Ativa). Todas as três sessões consistiram de rotinas semelhantes, que se distinguem apenas no que diz respeito à aplicação do tratamento. As rotinas consistiam de:

1. Preenchimento de um questionário inicial, que será referido como Questionário 1, composto por perguntas com o objetivo de avaliar fatores como humor, qualidade do sono e nível de fadiga;
2. Aplicação do tratamento. No caso da primeira sessão (Controle), não houve aplicação de tratamento. Nas duas sessões seguintes, o tratamento consistia na aplicação da ETCC ativa ou de placebo, de modo que o tratamento aplicado era determinado por meio de sorteio em um estudo duplo-cego;

3. Realização de teste físico e cognitivo simultâneos, respectivamente, por meio de uso de um cicloergômetro para o teste físico e da aplicação de um teste Stroop para o teste cognitivo. Essa etapa será referenciada como Prática;
4. Preenchimento de um questionário, referido como Questionário 2, com perguntas referentes à percepção dos atletas com relação às tarefas realizadas durante a etapa Prática, tanto no que diz respeito à parte física quanto à parte cognitiva;
5. Novo preenchimento do Questionário 1, desta vez logo após a realização do tratamento.

Apenas foram contabilizados resultados de atletas que completaram todas as três sessões.

4. Descrição das variáveis

De acordo com a maneira com que o estudo foi realizado, podemos dividir as variáveis coletadas em três grupos:

- Respostas do Questionário 1;
- Resultados e métricas da Prática;
- Respostas do Questionário 2.

Como será destacado a seguir, as variáveis de cada grupo possuem características em comum, além da forma como foram obtidas, justificando seu agrupamento para a realização da análise estatística.

As variáveis obtidas como respostas do Questionário 1 são:

- Variáveis referentes a bem-estar:
 - Fadiga (escala de 1 a 5): valores maiores indicam menos fadiga;
 - Qualidade de sono (escala de 1 a 5): valores maiores indicam melhor qualidade de sono;

- Dor (escala de 1 a 5): valores maiores indicam menos dor muscular;
- Estresse (escala de 1 a 5): valores maiores indicam menos estresse;
- Humor (escala de 1 a 5): valores maiores indicam melhor humor;
- Bem-estar geral: definido como a soma das 5 variáveis anteriores (escala de 5 a 25).
- Qualidade total de recuperação (escala RPE de Borg, de 6 a 20): valores maiores indicam melhor recuperação;
- Motivação (escala de 0 a 4): valores maiores indicam mais motivação;
- Estados de humor:
 - Tensão (escala de 0 a 16): valores maiores indicam maior tensão;
 - Depressão (escala de 0 a 16): valores maiores indicam maior nível de depressão;
 - Raiva (escala de 0 a 16): valores maiores indicam maior raiva;
 - Vigor (escala de 0 a 16): valores maiores indicam maior vigor;
 - Fadiga (escala de 0 a 16): valores maiores indicam maior fadiga;
 - Confusão mental (escala de 0 a 16): valores maiores indicam maior confusão mental.

Como o Questionário 1 foi aplicado duas vezes por sessão, cada variável possui 6 valores para cada indivíduo, referentes às sessões de controle, placebo e ativa nos momentos antes e depois do tratamento.

Nota-se que todas as variáveis obtidas no Questionário 1 são medidas em escalas e dizem respeito a percepções subjetivas dos indivíduos quanto a como eles estão se sentindo.

As variáveis obtidas como resultados e métricas da Prática são:

- Tarefa cognitiva Stroop:
 - Acurácia média (medida em porcentagem);
 - Tempo médio de resposta (medido em segundos).
- Tarefa física (bicicleta ergométrica):
 - Velocidade média (km /h);

- Velocidade máxima (km/h);
- RPM média (rotações por minuto);
- Distância percorrida (km).
- Frequência cardíaca:
 - Frequência cardíaca média (batimentos por minuto: BPM);
 - Frequência cardíaca após 1 minuto (batimentos por minuto: BPM);
 - Frequência cardíaca máxima (batimentos por minuto: BPM).

Como a Prática foi realizada uma única vez por sessão, cada variável possui 3 valores para cada indivíduo, referentes às sessões de controle, placebo e ativa.

Diferentemente das variáveis obtidas por meio dos Questionários 1 e 2, as variáveis obtidas como resultados e métricas da Prática não são subjetivas e assumem valores contínuos.

As variáveis obtidas como respostas do Questionário 2 são:

- Percepção subjetiva de esforço (escala CR10 de Borg, de 0 a 10): valores maiores indicam percepção de maior esforço realizado durante a Prática;
- NASA-TLX (carga de trabalho):
 - Exigência mental (escala de 0 a 100): valores maiores indicam maior exigência mental;
 - Exigência física (escala de 0 a 100): valores maiores indicam maior exigência física;
 - Exigência temporal (escala de 0 a 100): valores maiores indicam maior pressão de tempo para realizar a tarefa;
 - Nível de realização (escala de 0 a 100): valores maiores indicam maior percepção de sucesso e realização;
 - Nível de esforço (escala de 0 a 100): valores maiores indicam maior percepção de esforço (mental + físico) durante a Prática;
 - Nível de frustração (escala de 0 a 100): valores maiores indicam maior frustração.

Como o Questionário 2 foi aplicado uma única vez por sessão, cada variável possui 3 valores para cada indivíduo, referentes às sessões de controle, placebo e ativa.

Todas as variáveis obtidas no Questionário 2 são medidas em escalas e dizem respeito a percepções subjetivas dos indivíduos quanto às tarefas física e cognitiva que foram realizadas.

5. Análise estatística

5.1 Análise descritiva

A análise descritiva será realizada por meio de tabelas e gráficos de acordo com os tipos de resposta que cada variável admite. Para as variáveis com respostas qualitativas com cinco categorias, serão analisadas tabelas de frequências e gráficos de barras (Bussab e Morettin, 2024). Para as demais variáveis, serão analisadas tabelas de medidas-resumo e *box plots* (Morettin e Singer, 2022).

5.1.1 Respostas do Questionário 1

Observando as tabelas e gráficos referentes às variáveis de bem-estar, Fadiga (Tabela A.1 e Figura B.1), Qualidade de sono (Tabela A.2 e Figura B.2), Dor (Tabela A.3 e Figura B.3) e Humor (Tabela A.5 e Figura B.5), nota-se pouca diferença entre os resultados de antes e depois de uma mesma sessão. As respostas entre uma sessão e outra, no entanto, apresentam diferenças. Por outro lado, a variável de bem-estar Estresse (Tabela A.4 e Figura B.4) apresenta alguma disparidade entre antes e depois em suas respostas, indicando que a realização da Prática pode ter contribuído para a redução do estresse dos atletas.

Como combinação das variáveis de bem-estar, a variável Bem-estar geral também apresentou tendência similar a estas, não apresentando grandes variações ao longo de uma mesma sessão, o que pode ser notado na Tabela A.6 e na Figura B.6

A variável Qualidade total de recuperação apresentou maior diferença interquartílica nas sessões Placebo e Ativa, quando comparadas à sessão Controle, como pode ser observado na Figura B.7. Todavia, nota-se que esta variável teve tendências similares até mesmo em sessões diferentes no que diz respeito a suas demais medidas-resumo, presentes na Tabela A.7.

A partir da Figura B.8, nota-se que a variável Motivação não teve grandes variações tanto em uma mesma sessão, como também entre sessões. Apesar de a diferença aparentar ser levemente considerável ao observar o gráfico, a Tabela A.8 permite uma visualização que leva em consideração também o tamanho amostral do experimento, destacando que a diferença observada é fruto de uma diferença de por volta de dois atletas.

As variáveis de estados de humor, Depressão (Tabela A.10 e Figura B.10), Raiva (Tabela A.11 e Figura B.11) e Confusão mental (Tabela A.14 e Figura B.14) tiveram resultados semelhantes em todas as sessões, tanto antes quanto depois. Fica nítida a tendência dessas variáveis de sempre apresentarem valores muito baixos para a maioria dos atletas.

Ao observar a Tabela A.9 e a Figura B.9, conclui-se que a variável de estado de humor Tensão apresentou evidente tendência de diminuição após a realização da Prática em todas as sessões, sendo essa a única variável em que a principal diferença se dá entre o Antes e o Depois de uma sessão ao invés de entre diferentes sessões.

A variável de estado de humor Fadiga (Tabela A.13 e Figura B.13) teve um leve aumento depois da realização da Prática em todas as sessões. Além disso, também apresentou comportamento distinto entre as sessões. Já a variável de estado de humor Vigor (Tabela A.12 e Figura B.12) apresentou comportamento de difícil interpretação, com disparidades em todas as sessões até mesmo no que diz respeito às suas variações entre antes e depois da Prática.

5.1.2 Resultados e métricas da Prática

Observando a Figura B.15, fica evidente que há um dado discrepante na sessão Controle, visto que este obteve pontuação igual a zero no teste Stroop. Foi acordado que isso provavelmente foi decorrente de um erro de medição e este indivíduo será retirado da análise inferencial para esta variável. O *box plot* com esse outlier removido pode ser analisado na Figura B.16.

A partir da Tabela A.15, bem como das Figuras B.16 e B.17, nota-se que o desempenho dos atletas foi maior nos testes Stroop aplicados nas sessões de Placebo e Ativa se comparados à sessão Controle. No entanto, é difícil afirmar se essa diferença foi decorrente de menor familiaridade com o teste por parte dos atletas na sessão Controle.

Já na outra variável referente ao desempenho dos atletas no teste Stroop (Tempo médio de resposta) não foi observada diferença substancial ao comparar o desempenho dos atletas nas três sessões, como se pode observar na Tabela A.16 e nas Figuras B.18 e B.19. Vale destacar que um atleta apresentou grande queda no Tempo médio de resposta após a sessão Controle.

No que diz respeito às variáveis referentes ao desempenho dos atletas na atividade física da Prática, observa-se que não houve grande dissimilaridade entre sessões nas variáveis Velocidade média (Tabela A.17 e Figuras B.20 e B.21), Velocidade máxima (Tabela A.18 e Figuras B.22 e B.23) e Distância percorrida (Tabela A.20 e Figuras B.26 e B.27). Já a variável RPM média está com diversos dados faltantes no banco de dados e por conta disso aparenta ter diferença entre as sessões, como se observa na Tabela A.19 e nas Figuras B.24 e B.25. No entanto, essa aparente diferença se dá justamente por conta dos dados faltantes e espera-se que o valor de RPM média dos atletas seja proporcional ao valor de Velocidade média dado que a Prática foi realizada no mesmo cicloergômetro para todos.

Observando as tabelas de medidas-resumo (Tabelas A.21, A.22 e A.23), *box plots* (Figuras B.28, B.30 e B.32) e gráficos de perfis (Figuras B.29, B.31 e B.33) das

variáveis de frequência cardíaca dos atletas, nota-se que os valores foram similares para todas as três sessões. Vale destacar, novamente, a presença de um outlier. Desta vez, o outlier ocorre na variável Frequência cardíaca média durante a sessão Controle. Como se pode observar, o valor de Frequência cardíaca média de 63 BPM é muito abaixo do que é observado em todos os atletas, incluindo o próprio nas demais sessões. Assim, este resultado foi atribuído a um erro de mensuração e, portanto, esse atleta será retirado das análises para esta variável.

5.1.3 Respostas do Questionário 2

A variável Percepção subjetiva de esforço apresentou valores semelhantes de medidas-resumo (Tabela A.24) e quartis (Figura B.34). Contudo, a variável teve grande oscilação no que diz respeito ao valor que obteve para cada atleta, como se pode observar no gráfico de perfis presente na Figura B.35.

As variáveis de carga de trabalho, Exigência mental (Tabela A.25 e Figuras B.36 e B.37), Exigência física (Tabela A.26 e Figuras B.38 e B.39), Exigência temporal (Tabela A.27 e Figuras B.40 e B.41), Nível de esforço (Tabela A.29 e Figuras B.44 e B.45) e Nível de frustração (Tabela A.30 e Figuras B.46 e B.47) apresentaram todas a tendência de terem valores maiores na sessão Ativa quando comparada à sessão Placebo.

Já a variável de carga de trabalho Nível de realização apresentou tendência similar entre as sessões de Placebo e Ativa. Por outro lado, a sessão Controle apresentou mediana muito maior que as demais, como pode ser observado na Figura B.42, e altíssima variabilidade, como se observa a partir da Tabela A.28 e da Figura B.43.

5.2 Testes de igualdade de médias

Para verificar a eficácia da ETCC, foram comparados dados obtidos de todos os atletas do estudo nas três sessões (Controle, Placebo e Ativa). Haja vista que cada atleta realizou três sessões (uma para cada tratamento), fica evidente que os resultados obtidos não são independentes.

Portanto, foi utilizada a ANOVA de medidas repetidas (Neter et al., 2005) para avaliar se houve diferença entre os tratamentos no que diz respeito ao resultado obtido. A ANOVA de medidas repetidas lida com a dependência das variáveis por meio da utilização de um modelo misto, em que o efeito do tratamento é fixo enquanto o efeito de cada indivíduo é aleatório e com distribuição normal.

Para verificar a adequação do modelo, foi realizada uma análise de resíduos para cada variável. Nos casos em que a análise de resíduos mostrou não adequação do modelo paramétrico, foi utilizado o teste de Friedman (Conover, 1999), o equivalente não paramétrico à ANOVA de medidas repetidas. Além disso, nos casos em que a análise de resíduos gerou dúvida quanto à adequação do modelo, foi observado se a ANOVA de medidas repetidas e o teste de Friedman levavam à mesma conclusão.

Para as variáveis em que foram reconhecidas diferenças significativas entre os tratamentos por meio da ANOVA de medidas repetidas, foram realizadas comparações múltiplas, isto é, comparações par a par entre os tratamentos. A correção utilizada para essas comparações foi a correção de Bonferroni. Já para as variáveis às quais o teste de Friedman se mostrou mais adequado, foi realizado o teste de Wilcoxon nos casos de rejeição da hipótese nula de igualdade de médias.

5.2.1 Efeito das variáveis do Questionário 1

Para verificar o estado do atleta no início de cada sessão, foram comparadas as médias das variáveis observadas no Questionário 1 antes da realização das atividades física e cognitiva.

Os valores-p obtidos a partir dos testes de igualdade de médias encontram-se na Tabela A.31. Como se pode observar, apenas as variáveis Estresse e Humor apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as três sessões a um nível de significância de 5%. Comparando os resultados par a par, verificamos que a diferença na variável Estresse se deu entre as sessões Controle e Ativa. A variável Humor, por outro lado, apresentou diferenças estatisticamente significativas entre os pares Controle x Placebo e Controle x Ativa, como apresentado na Tabela A.32.

Com o intuito de evitar que fatores alheios à aplicação dos diferentes tratamentos pudessem afetar as conclusões obtidas com relação às sessões Controle, Placebo e ETCC Ativa, foi calculada a correlação polisserial (Drasgow, 1986) entre as variáveis do Questionário 1 e as variáveis da Prática e Questionário 2 e seus respectivos testes de hipóteses para verificar se essas correlações são iguais a zero. O objetivo é verificar se existe correlação entre como os atletas estavam se sentindo no dia da realização da sessão e seu desempenho nas atividades, bem como sua percepção quanto a esta. As correlações polisseriais foram calculadas apenas com os resultados coletados anteriormente à realização das atividades física e cognitiva.

Após verificação criteriosa dos testes de correlação, notou-se que, em diversos casos, a existência de um ponto influente afetava substancialmente a conclusão do teste. Assim, apenas foram consideradas como significativas as correlações que permaneciam significativas mesmo após a remoção de seu ponto mais influente.

Desse modo, obteve-se que em apenas um caso houve correlação significativa nos três tratamentos, que foi com o par Tensão x Frequência cardíaca após 1 minuto, ou seja, podemos afirmar, a um nível de significância de 5%, que há correlação entre a

tensão que o atleta sentia antes de realizar as atividades física e cognitiva e sua frequência cardíaca após realizar as atividades por 1 minuto.

5.2.2 Testes para as variáveis da Prática e do Questionário 2

Como o principal objetivo do projeto é determinar a eficácia da ETCC, foram realizados testes de igualdade de médias entre os três tratamentos para as variáveis coletadas durante a Prática e do Questionário 2, visto que estas representam o desempenho dos atletas nas atividades física e cognitiva, bem como sua percepção com relação a essas atividades.

Vale ressaltar que como foi detectada correlação significativa apenas entre a variável Tensão do Questionário 1 e a variável Frequência cardíaca após 1 minuto da Prática, na comparação entre as médias da Frequência cardíaca após 1 minuto entre as três sessões, a variável Tensão será utilizada como covariável.

O nível de significância de $\alpha = 0,05$ foi utilizado em todos os testes.

Os valores-p dos testes de igualdade de médias encontram-se na Tabela A.33. Dessa forma, apenas as variáveis Frequência cardíaca média, Exigência temporal e Nível de frustração não apresentaram igualdade de médias entre os três tratamentos a um nível de significância de 5%.

Analisando as comparações múltiplas para essas variáveis na Tabela A.34, nota-se que, para as três variáveis, apenas foi rejeitada a hipótese de igualdade de médias para o par Controle x Ativa.

Para a variável Frequência cardíaca após 1 minuto, foi considerado um modelo misto em que a variável Tensão, os tratamentos (Controle, Placebo e Ativa) e as interações entre Tensão e os tratamentos foram considerados como tendo efeito fixo e os indivíduos entraram no modelo como efeitos aleatórios. Nenhum efeito foi significativo (valor-p $\geq 0,153$).

6. Conclusões

A partir da análise estatística realizada, não podemos concluir que o uso da ETCC Ativa, como foi realizado no estudo, atinge resultados práticos estatisticamente significativos. Das poucas variáveis que apresentaram diferenças entre os tratamentos, nenhuma delas apresentou diferença, a um nível de significância de 5%, entre os tratamentos Placebo e Ativa, que seria a comparação mais relevante dentre as comparações múltiplas.

Além disso, para os dados da amostra do estudo, não se pode afirmar que há correlação entre os fatores medidos no Questionário 1 e os resultados obtidos na Prática e respostas do Questionário 2, com exceção do par Tensão x Frequência cardíaca após 1 minuto.

Por fim, vale destacar que, por conta do pequeno tamanho amostral, é normal que alguns testes estatísticos percam poder, tornando-se mais vulneráveis à influência de pontos extremos e dificultando a detecção de diferenças (ou ausência delas) entre os diferentes tratamentos.

APÊNDICE A

Tabela A.1 Tabela de frequências absolutas (com frequências relativas entre parênteses) para a variável Fadiga

		Fadiga					Total
		1	2	3	4	5	
Controle	Antes	0 (0%)	2 (14%)	6 (43%)	4 (29%)	2 (14%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	1 (7%)	6 (43%)	6 (43%)	1 (7%)	14 (100%)
Placebo	Antes	0 (0%)	2 (14%)	6 (43%)	2 (14%)	4 (29%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	2 (14%)	5 (36%)	4 (29%)	3 (21%)	14 (100%)
Ativa	Antes	0 (0%)	1 (7%)	4 (29%)	6 (43%)	3 (21%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	0 (0%)	6 (43%)	6 (43%)	2 (14%)	14 (100%)

Tabela A.2 Tabela de frequências absolutas (com frequências relativas entre parênteses) para a variável Qualidade de sono

		Qualidade de sono					Total
		1	2	3	4	5	
Controle	Antes	1 (7%)	1 (7%)	1 (7%)	10 (71%)	1 (7%)	14 (100%)
	Depois	1 (7%)	1 (7%)	2 (14%)	10 (71%)	0 (0%)	14 (100%)
Placebo	Antes	0 (0%)	2 (14%)	3 (21%)	6 (43%)	3 (21%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	1 (7%)	4 (29%)	5 (36%)	4 (29%)	14 (100%)
Ativa	Antes	1 (7%)	0 (0%)	2 (14%)	7 (50%)	4 (29%)	14 (100%)
	Depois	1 (7%)	0 (0%)	2 (14%)	7 (50%)	4 (29%)	14 (100%)

Tabela A.3 Tabela de frequências absolutas (com frequências relativas entre parênteses) para a variável Dor

		Dor					Total
		1	2	3	4	5	
Controle	Antes	0 (0%)	0 (0%)	5 (36%)	6 (43%)	3 (21%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	0 (0%)	6 (43%)	5 (36%)	3 (21%)	14 (100%)
Placebo	Antes	0 (0%)	0 (0%)	8 (57%)	2 (14%)	4 (29%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	1 (7%)	4 (29%)	4 (29%)	5 (36%)	14 (100%)
Ativa	Antes	0 (0%)	3 (21%)	3 (21%)	4 (29%)	4 (29%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	2 (14%)	4 (29%)	4 (29%)	4 (29%)	14 (100%)

Tabela A.4 Tabela de frequências absolutas (com frequências relativas entre parênteses) para a variável Estresse

		Estresse					Total
		1	2	3	4	5	
Controle	Antes	0 (0%)	2 (14%)	7 (50%)	4 (29%)	1 (7%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	1 (7%)	4 (29%)	6 (43%)	3 (21%)	14 (100%)
Placebo	Antes	0 (0%)	1 (7%)	5 (36%)	5 (36%)	3 (21%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	0 (0%)	4 (29%)	6 (43%)	4 (29%)	14 (100%)
Ativa	Antes	0 (0%)	1 (7%)	3 (21%)	5 (36%)	5 (36%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	1 (7%)	1 (7%)	4 (29%)	8 (57%)	14 (100%)

Tabela A.5 Tabela de frequências absolutas (com frequências relativas entre parênteses) para a variável Humor

		Humor					Total
		1	2	3	4	5	
Controle	Antes	1 (7%)	1 (7%)	3 (21%)	7 (50%)	2 (14%)	14 (100%)
	Depois	1 (7%)	0 (0%)	4 (29%)	8 (57%)	1 (7%)	14 (100%)
Placebo	Antes	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	12 (86%)	2 (14%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	12 (86%)	2 (14%)	14 (100%)
Ativa	Antes	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	12 (86%)	2 (14%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	0 (0%)	1 (7%)	11 (79%)	2 (14%)	14 (100%)

Tabela A.6 Tabela de medidas-resumo para a variável Bem-estar geral

Bem-estar geral						
	Controle		Placebo		Ativa	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Média	17,8	18,1	18,9	19,5	19,5	19,8
Desvio padrão	2,8	2,5	3,5	3,5	3,0	2,9
Mediana	18	17,5	18	19	19,5	20
Mínimo	14	15	14	16	14	14
Máximo	22	24	24	25	23	24

Tabela A.7 Tabela de medidas-resumo para a variável Qualidade total de recuperação

Qualidade total de recuperação						
	Controle		Placebo		Ativa	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Média	16,0	15,9	16,7	16,3	16,6	16,5
Desvio padrão	2,6	2,5	2,4	2,5	2,3	2,2
Mediana	16,5	15,5	16	15	16,5	17
Mínimo	11	11	14	12	13	13
Máximo	20	20	20	20	20	20

Tabela A.8 Tabela de frequências absolutas (com frequências relativas entre parênteses) para a variável Motivação

		Motivação					Total
		1	2	3	4	5	
Controle	Antes	0 (0%)	5 (36%)	5 (36%)	3 (21%)	0 (0%)	14 (100%)
	Depois	0 (0%)	3 (21%)	8 (57%)	2 (14%)	0 (0%)	14 (100%)
Placebo	Antes	0 (0%)	6 (43%)	6 (43%)	2 (14%)	0 (0%)	14 (100%)
	Depois	2 (14%)	4 (29%)	6 (43%)	2 (14%)	0 (0%)	14 (100%)
Ativa	Antes	2 (14%)	2 (14%)	6 (43%)	4 (29%)	0 (0%)	14 (100%)
	Depois	1 (7%)	4 (29%)	5 (36%)	4 (29%)	0 (0%)	14 (100%)

Tabela A.9 Tabela de medidas-resumo para a variável Tensão

Tensão						
	Controle		Placebo		Ativa	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Média	2,1	0,8	1,4	0,5	0,8	0,7
Desvio padrão	2,0	1,4	2,1	1,2	1,2	1,3
Mediana	2	0	0,5	0	0	0
Mínimo	0	0	0	0	0	0
Máximo	7	5	7	4	3	4

Tabela A.10 Tabela de medidas-resumo para a variável Depressão

Depressão						
	Controle		Placebo		Ativa	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Média	1,5	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2
Desvio padrão	2,5	0,4	0,8	0,4	0,6	0,6
Mediana	0,5	0	0	0	0	0
Mínimo	0	0	0	0	0	0
Máximo	9	1	3	1	2	2

Tabela A.11 Tabela de medidas-resumo para a variável Raiva

Raiva						
	Controle		Placebo		Ativa	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Média	1,2	0,4	0,1	0,4	0,1	0,5
Desvio padrão	2,6	1,3	0,5	1,6	0,5	0,9
Mediana	0	0	0	0	0	0
Mínimo	0	0	0	0	0	0
Máximo	7	5	2	6	2	3

Tabela A.12 Tabela de medidas-resumo para a variável Vigor

Vigor						
	Controle		Placebo		Ativa	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Média	9,0	9,4	7,3	6,8	8,4	7,5
Desvio padrão	2,5	3,5	3,6	3,4	3,4	4,3
Mediana	8	9,5	7,5	7	8,5	7
Mínimo	4	4	0	1	1	2
Máximo	14	15	13	12	13	16

Tabela A.13 Tabela de medidas-resumo para a variável Fadiga

Fadiga						
	Controle		Placebo		Ativa	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Média	3,1	3,4	2,4	2,8	1,9	3,1
Desvio padrão	2,9	3,2	2,5	3,2	2,3	2,9
Mediana	2	3	1,5	1,5	1	3
Mínimo	0	0	0	0	0	0
Máximo	8	9	6	10	7	10

Tabela A.14 Tabela de medidas-resumo para a variável Confusão mental

Confusão mental						
	Controle		Placebo		Ativa	
	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Média	0,7	0,1	0,1	0,4	0,1	0,2
Desvio padrão	1,7	0,4	0,4	0,6	0,3	0,4
Mediana	0	0	0	0	0	0
Mínimo	0	0	0	0	0	0
Máximo	6	1	1	2	1	1

Tabela A.15 Tabela de medidas-resumo para a variável Acurácia média

Acurácia média (%)			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	84,7	94,2	94,1
Desvio padrão	28,2	10,0	10,0
Mediana	94,29	97,26	97,26
Mínimo	0	63,13	61,71
Máximo	100	100	100

Tabela A.16 Tabela de medidas-resumo para a variável Tempo médio de resposta

Tempo médio de resposta (s)			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	1,0	0,9	0,9
Desvio padrão	0,3	0,2	0,2
Mediana	1,0	0,9	0,9
Mínimo	0,7	0,7	0,7
Máximo	1,8	1,3	1,3

Tabela A.17 Tabela de medidas-resumo para a variável Velocidade média

Velocidade média (km/h)			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	31,3	32,3	31,7
Desvio padrão	8,6	9,6	6,3
Mediana	28,7	30,2	30,2
Mínimo	20,3	19,3	21,4
Máximo	46,9	58,2	48,8

Tabela A.18 Tabela de medidas-resumo para a variável Velocidade máxima

Velocidade máxima (km/h)			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	37,4	37,4	37,7
Desvio padrão	11,1	11,5	8,5
Mediana	34,7	33,2	36,9
Mínimo	24,3	22,5	24,6
Máximo	56,3	67,9	53,8

Tabela A.19 Tabela de medidas-resumo para a variável RPM média

RPM média			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	61,0	65,6	66,8
Desvio padrão	7,3	8,9	9,9
Mediana	60,1	66,9	70,0
Mínimo	49,1	45,6	45,6
Máximo	70,1	74,8	77,5

Tabela A.20 Tabela de medidas-resumo para a variável Distância percorrida

Distância percorrida (km)			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	6,3	6,7	6,2
Desvio padrão	2,1	2,2	1,2
Mediana	5,8	6,0	6,0
Mínimo	3,2	3,7	4,2
Máximo	11,6	11,3	9,3

Tabela A.21 Tabela de medidas-resumo para a variável Frequência cardíaca média

Frequência cardíaca média (BPM)			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	130,9	137,9	139,8
Desvio padrão	22,6	11,8	13,9
Mediana	134,5	138,0	142,0
Mínimo	63,0	116,0	115,0
Máximo	158,0	155,0	163,0

Tabela A.22 Tabela de medidas-resumo para a variável Frequência cardíaca após 1 minuto

Frequência cardíaca após 1 minuto (BPM)			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	121,4	120,7	113,7
Desvio padrão	21,1	32,3	23,4
Mediana	125,0	128,0	110,5
Mínimo	89,0	54,0	78,0
Máximo	158,0	162,0	148,0

Tabela A.23 Tabela de medidas-resumo para a variável Frequência cardíaca máxima

Frequência cardíaca máxima (BPM)			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	164,0	163,2	164,2
Desvio padrão	12,9	11,3	14,7
Mediana	162,0	163,0	166,0
Mínimo	133,0	140,0	137,0
Máximo	184,0	182,0	190,0

Tabela A.24 Tabela de medidas-resumo para a variável Percepção subjetiva de esforço

Percepção subjetiva de esforço			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	6,0	6,2	6,0
Desvio padrão	2,1	2,0	1,8
Mediana	5,5	6	6,5
Mínimo	3	3	3
Máximo	10	10	9

Tabela A.25 Tabela de medidas-resumo para a variável Exigência mental

Exigência mental			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	75,0	63,8	71,1
Desvio padrão	19,1	17,0	13,8
Mediana	77,5	65	72,5
Mínimo	35	30	40
Máximo	100	95	90

Tabela A.26 Tabela de medidas-resumo para a variável Exigência física

Exigência física			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	67,9	69,6	74,6
Desvio padrão	15,3	16,3	11,5
Mediana	70	70	77,5
Mínimo	30	40	50
Máximo	90	90	95

Tabela A.27 Tabela de medidas-resumo para a variável Exigência temporal

Exigência temporal			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	27,9	33,5	40,7
Desvio padrão	23,0	21,7	27,8
Mediana	22,5	35	37,5
Mínimo	5	5	5
Máximo	80	75	80

Tabela A.28 Tabela de medidas-resumo para a variável Nível de realização

Nível de realização			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	74,6	75,4	73,9
Desvio padrão	26,7	15,2	19,4
Mediana	85	70	72,5
Mínimo	20	55	50
Máximo	100	100	100

Tabela A.29 Tabela de medidas-resumo para a variável Nível de esforço

Nível de esforço			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	78,6	73,8	81,4
Desvio padrão	15,7	16,0	12,9
Mediana	85	75	85
Mínimo	45	40	50
Máximo	100	95	100

Tabela A.30 Tabela de medidas-resumo para a variável Nível de frustração

Nível de frustração			
	Controle	Placebo	Ativa
Média	13,9	22,7	28,9
Desvio padrão	8,6	19,9	23,1
Mediana	10	20	20
Mínimo	5	5	5
Máximo	30	70	65

Tabela A.31 Tabela de valores-p dos testes de igualdade de médias entre os tratamentos para variáveis do Questionário 1 (Antes) via modelo misto

Variável	Valor-p
Fadiga	0,420
Qualidade do sono	0,436
Dor	0,769
Estresse	0,036
Humor	0,022
Bem estar geral	0,116
Qualidade total de recuperação	0,716
Motivação	0,678
Tensão	0,064
Depressão	0,062
Raiva	0,061
Vigor	0,174
Fadiga (BRUMS)	0,272
Confusão mental	0,209

Tabela A.32 Tabela de valores-p para as comparações múltiplas das variáveis do Questionário 1 (Antes) Estresse e Humor

Variável	Comparação	Valor-p
Estresse	Controle x Placebo	0,112
	Controle x Ativa	0,011
	Placebo x Ativa	0,283
Humor	Controle x Placebo	0,016
	Controle x Ativa	0,016
	Placebo x Ativa	> 0,999

Tabela A.33 Tabela de valores-p dos testes de igualdade de médias entre os tratamentos para variáveis da Prática e do Questionário 2 via modelo misto ou teste de Friedman

Variável	Valor-p
Acurácia média	0,607*
Tempo médio de resposta	0,095
Velocidade média	0,492
Velocidade máxima	0,597
RPM média	0,597
Distância percorrida	0,854
Frequência cardíaca média	0,047
Frequência cardíaca máxima	0,960
Percepção subjetiva de esforço	0,991
Exigência mental	0,262*
Exigência física	0,137
Exigência temporal	0,029*
Nível de realização	0,883
Nível de esforço	0,307*
Nível de frustração	0,005

*Teste de Friedman

Tabela A.34 Tabela de valores-p para as comparações múltiplas das variáveis da Prática e do Questionário 2

Variável	Comparação	Valor-p
Frequência cardíaca média	Controle x Placebo	0,738
	Controle x Ativa	0,032
	Placebo x Ativa	0,600
Exigência temporal	Controle x Placebo	0,165
	Controle x Ativa	0,031
	Placebo x Ativa	0,063
Nível de frustração	Controle x Placebo	0,248
	Controle x Ativa	0,014
	Placebo x Ativa	0,272

APÊNDICE B

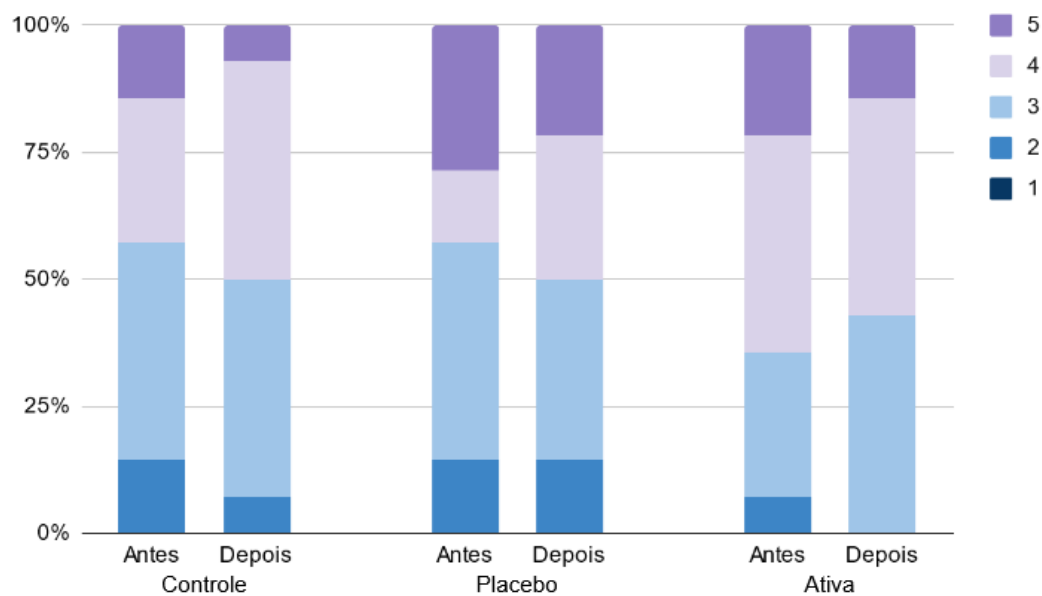


Figura B.1 Gráfico de barras para a variável Fadiga

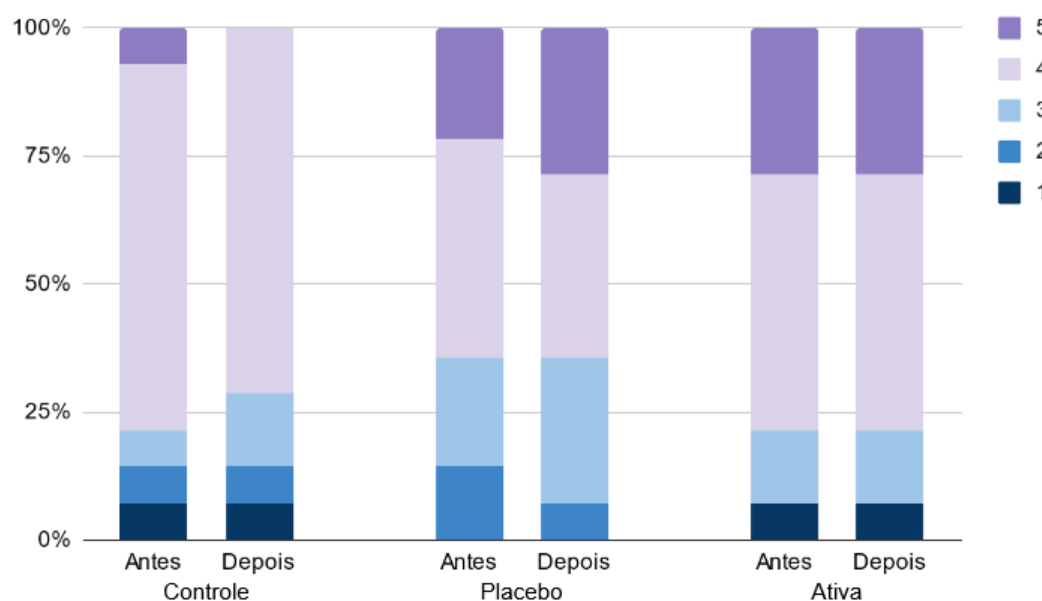


Figura B.2 Gráfico de barras para a variável Qualidade de sono

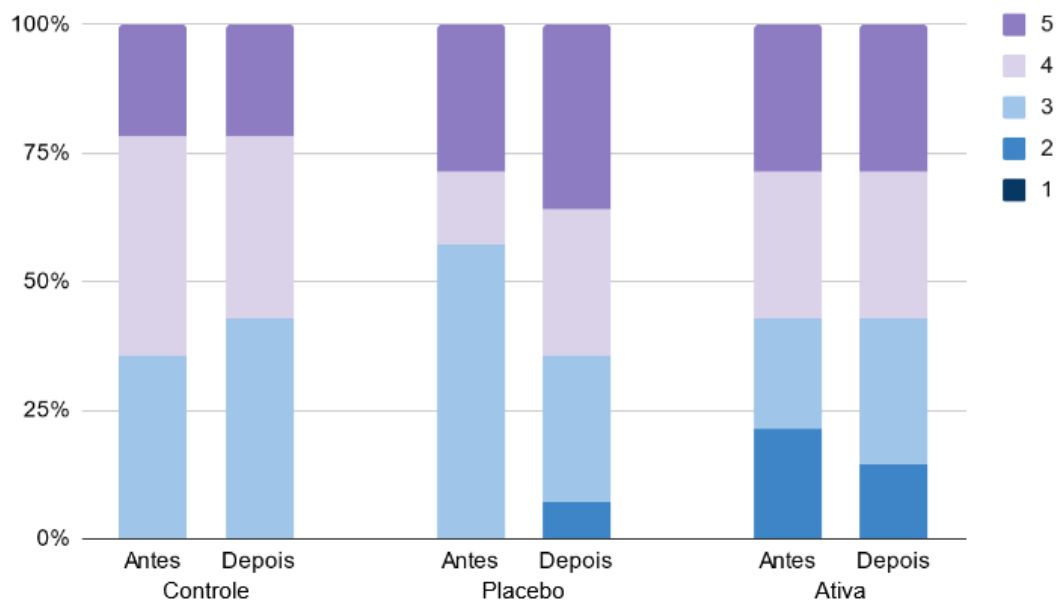


Figura B.3 Gráfico de barras para a variável Dor

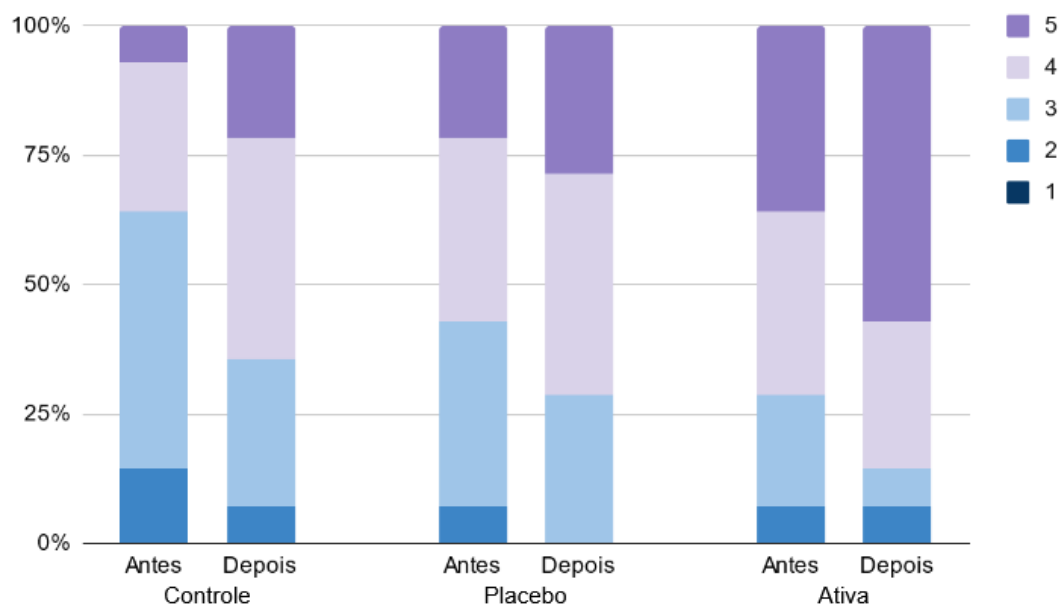


Figura B.4 Gráfico de barras para a variável Estresse

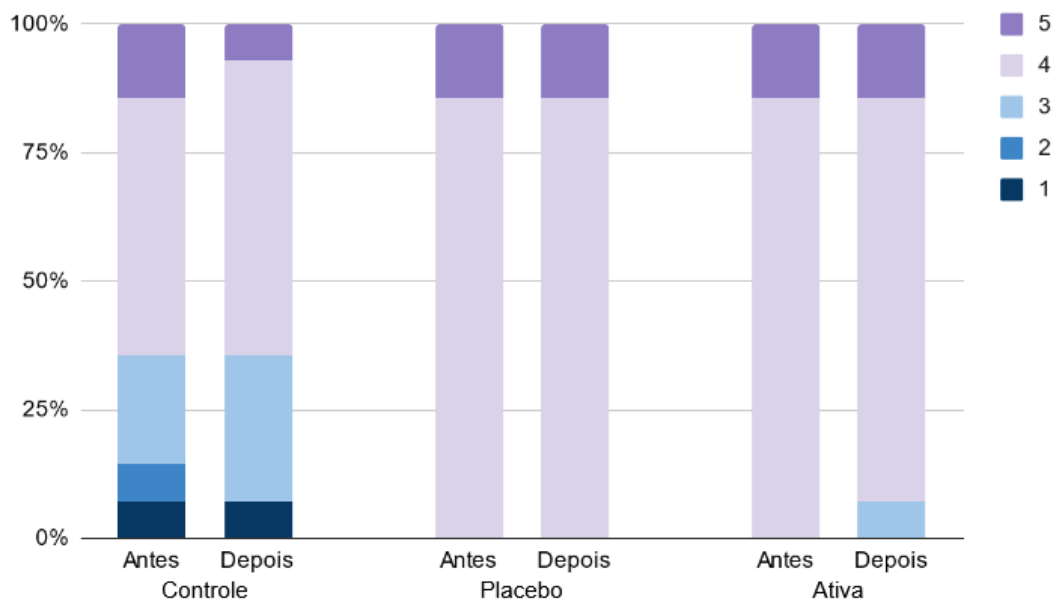


Figura B.5 Gráfico de barras para a variável Humor

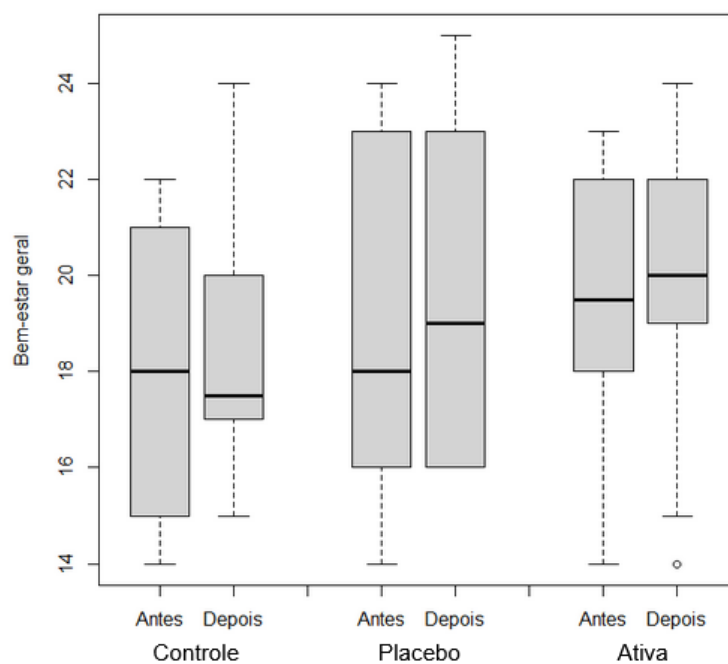


Figura B.6 Box plot para a variável Bem-estar geral

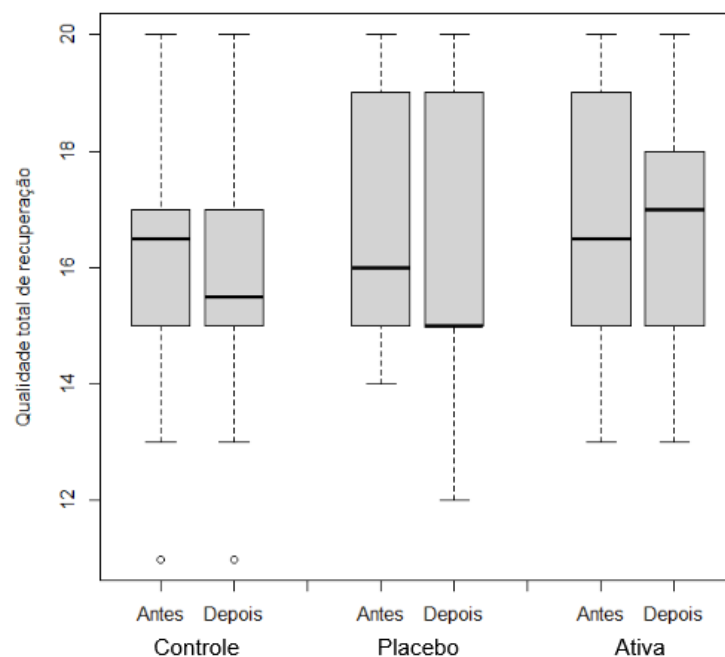


Figura B.7 Box plot para a variável Qualidade total de recuperação

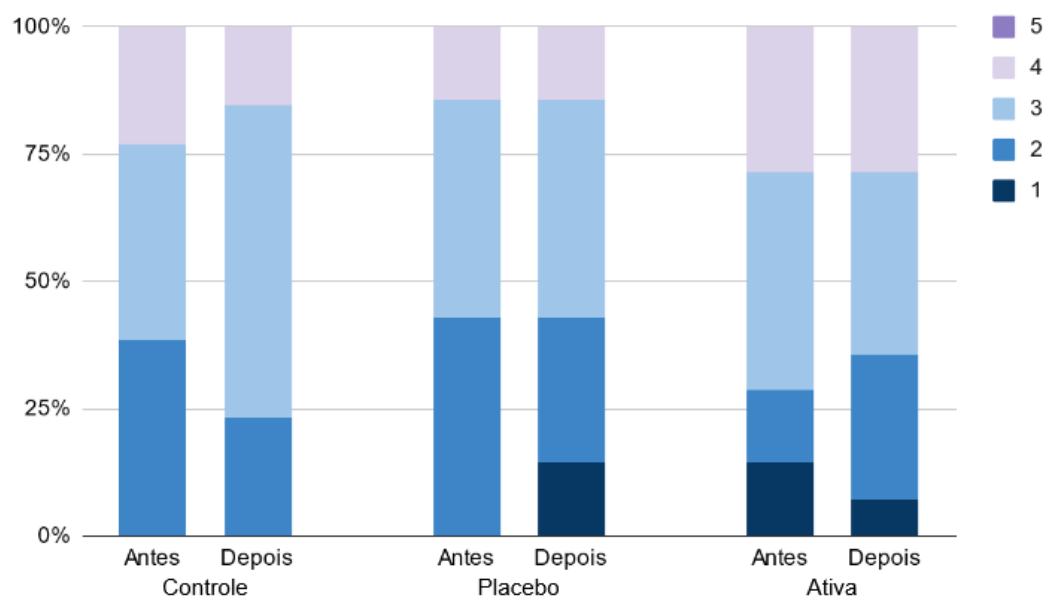


Figura B.8 Gráfico de barras para a variável Motivação

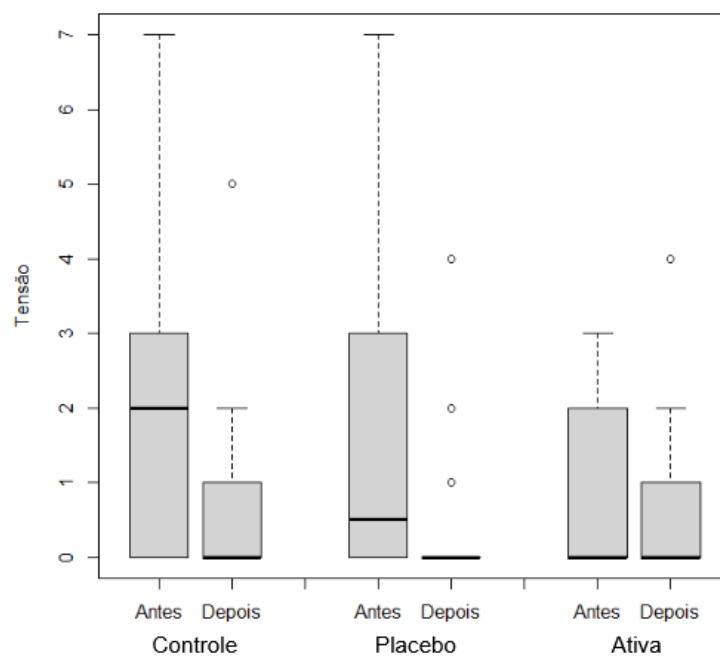


Figura B.9 *Box plot* para a variável Tensão

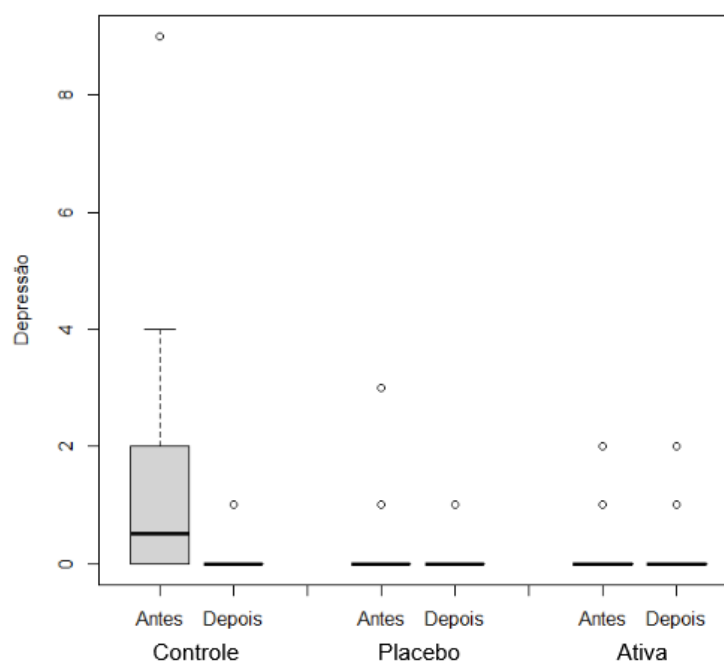


Figura B.10 *Box plot* para a variável Depressão

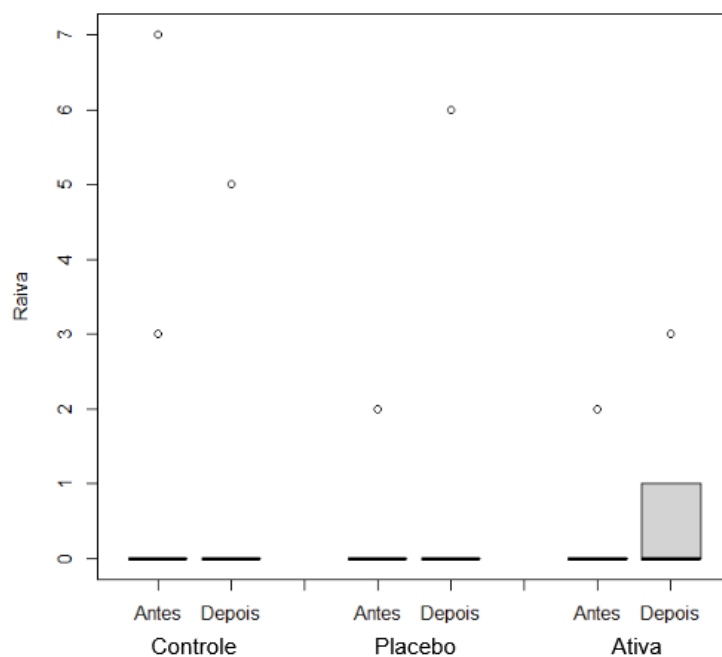


Figura B.11 Box plot para a variável Raiva

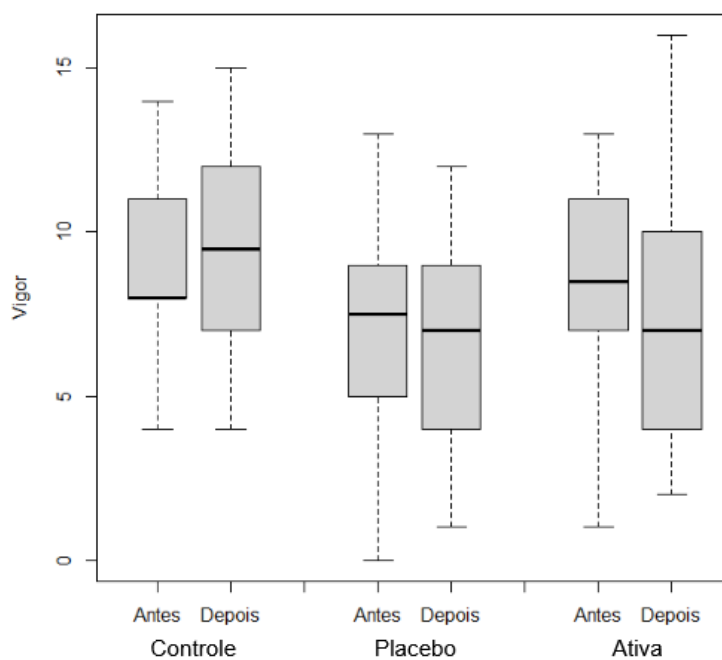


Figura B.12 Box plot para a variável Vigor

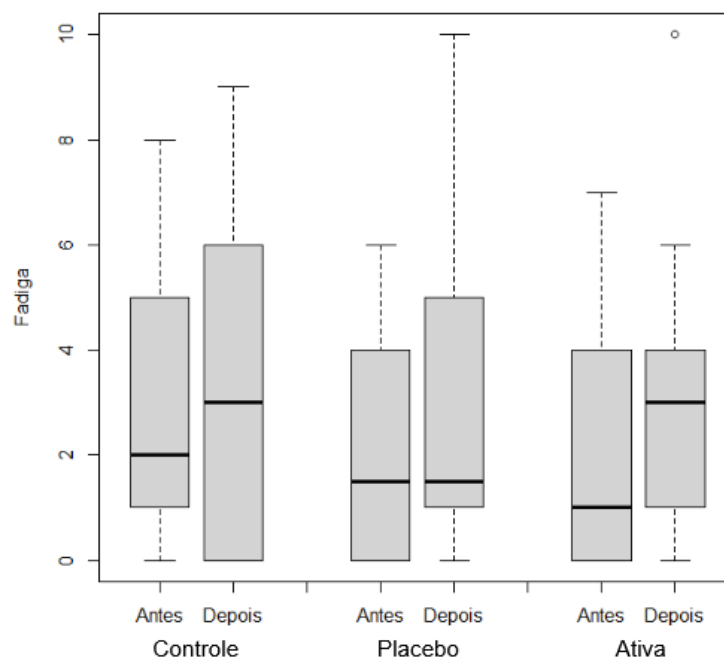


Figura B.13 *Box plot* para a variável Fadiga

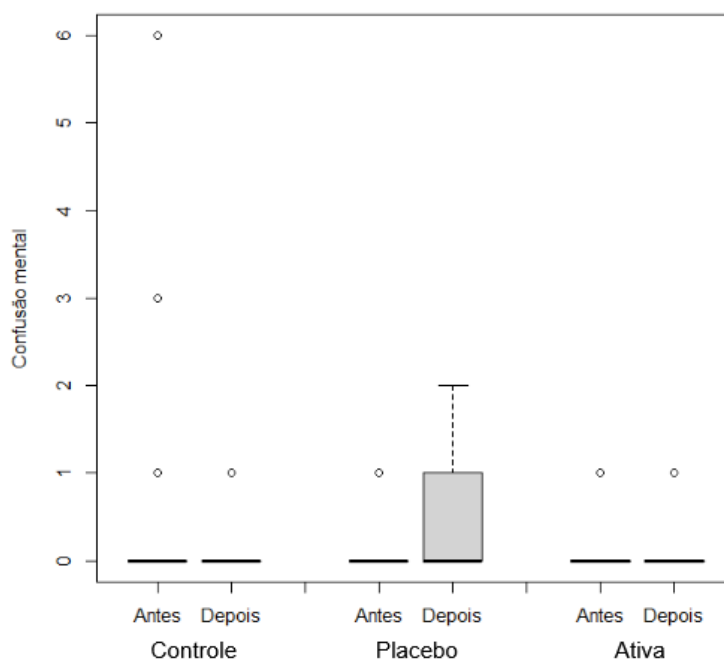


Figura B.14 *Box plot* para a variável Confusão mental

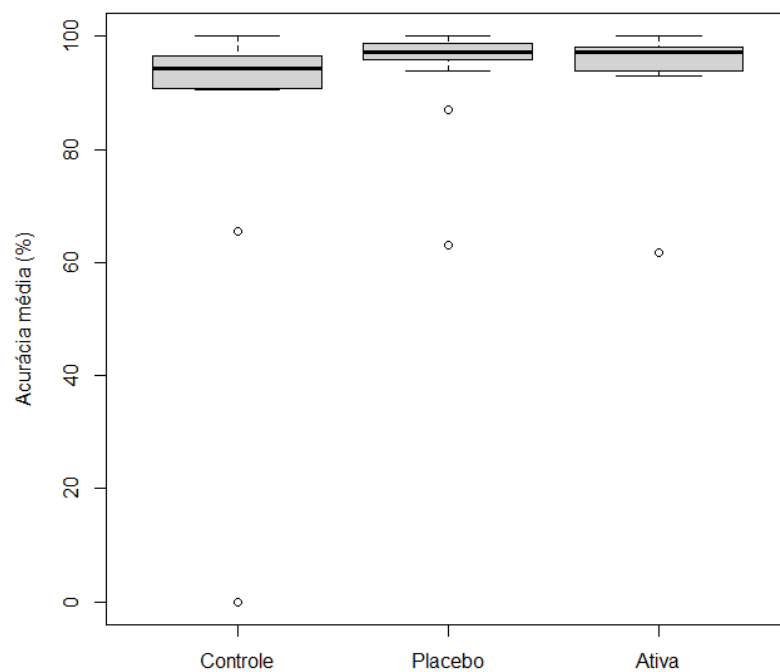


Figura B.15 *Box plot* para a variável Acurácia média

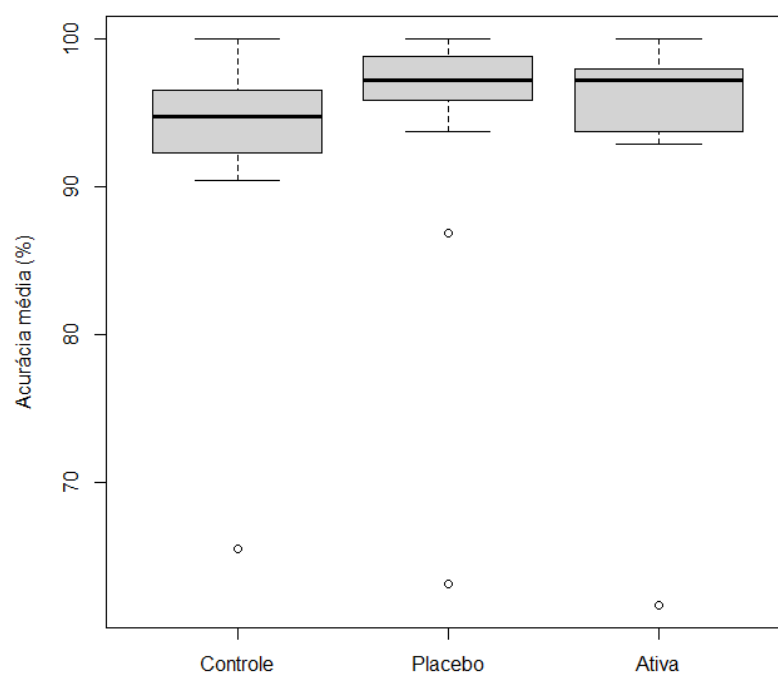


Figura B.16 Box plot para a variável Acurácia média com remoção do resultado zerado

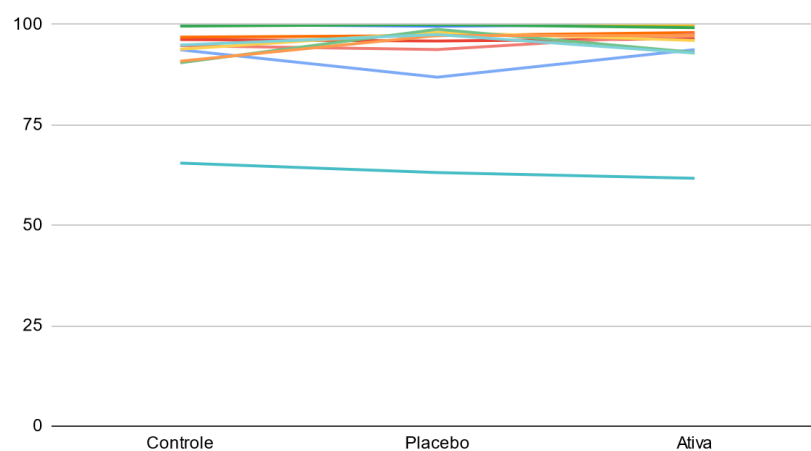


Figura B.17 Gráfico de perfis para a variável Acurácia média

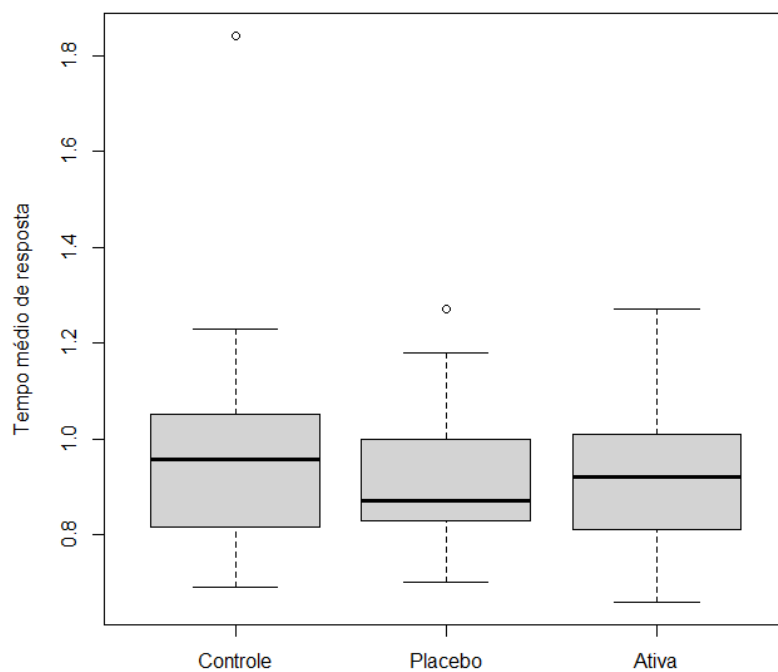


Figura B.18 *Box plot* para a variável Tempo médio de resposta

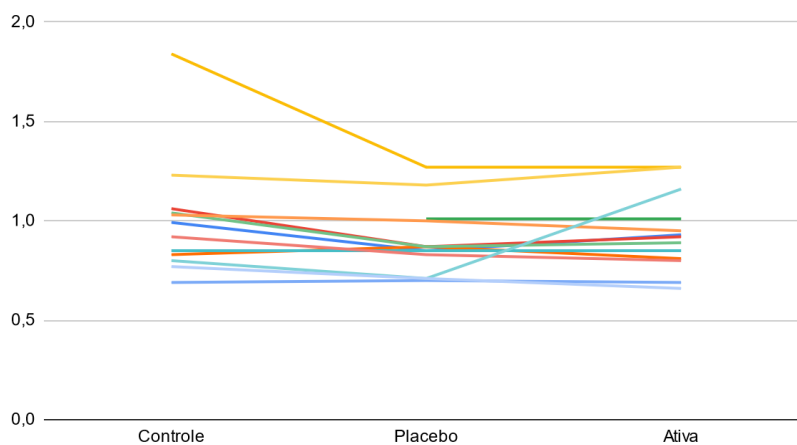


Figura B.19 Gráfico de perfis para a variável Tempo médio de resposta

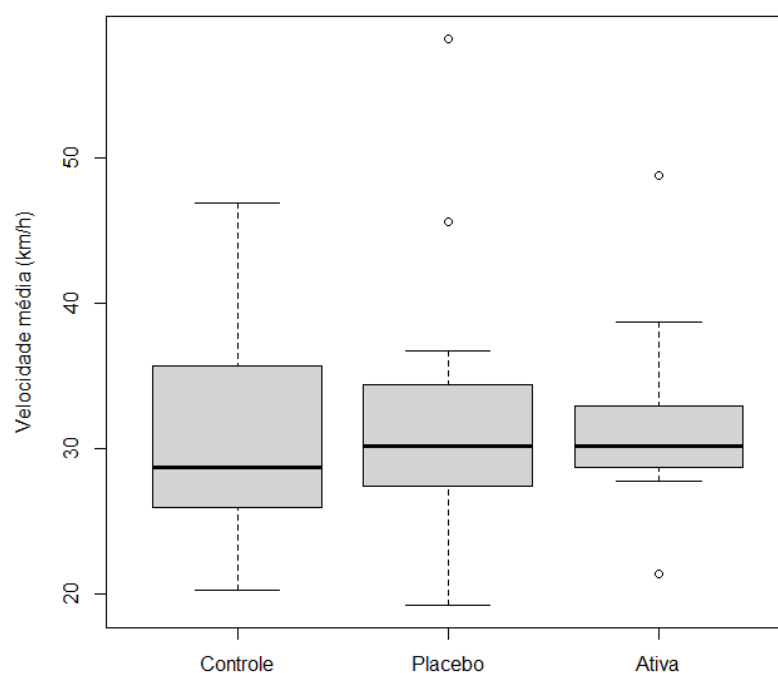


Figura B.20 *Box plot* para a variável Velocidade média

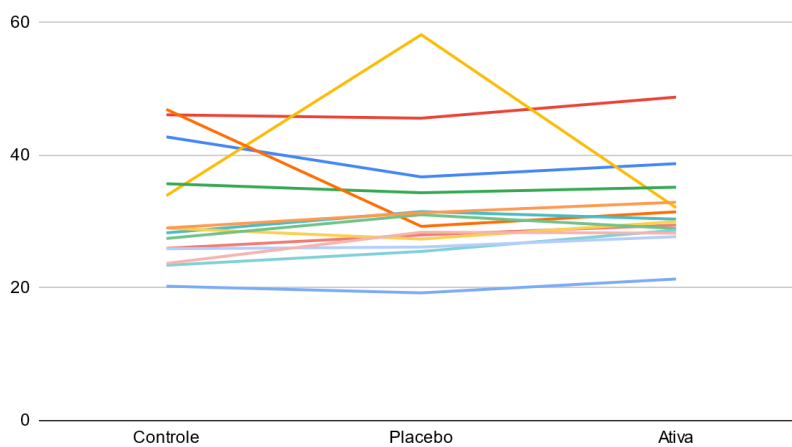


Figura B.21 Gráfico de perfis para a variável Velocidade média

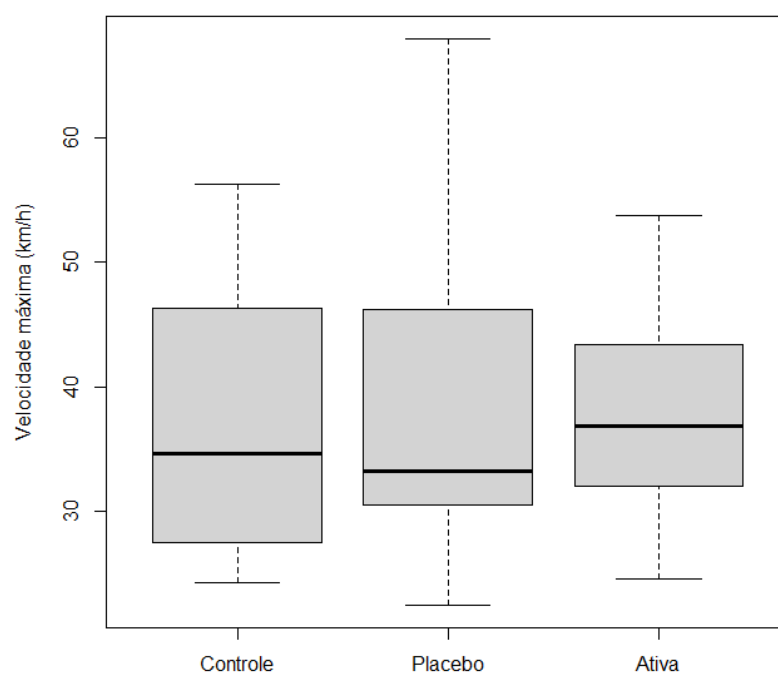


Figura B.22 *Box plot* para a variável Velocidade máxima

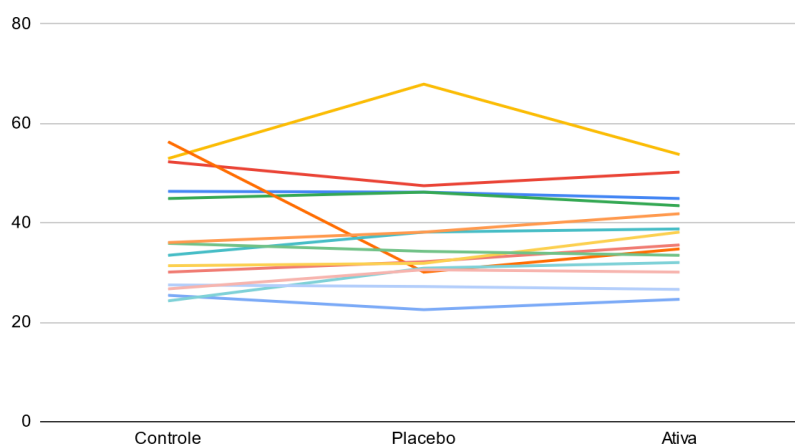


Figura B.23 Gráfico de perfis para a variável Velocidade máxima

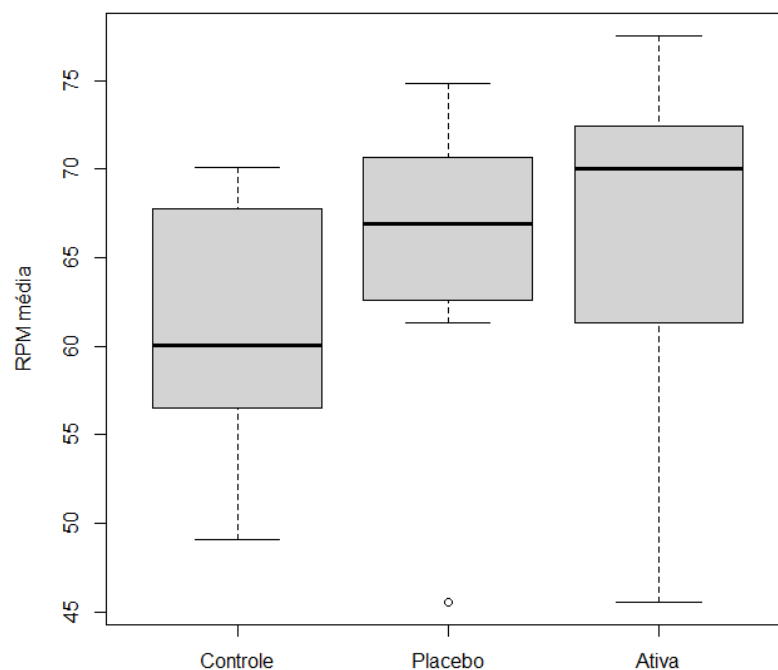


Figura B.24 Box plot para a variável RPM média

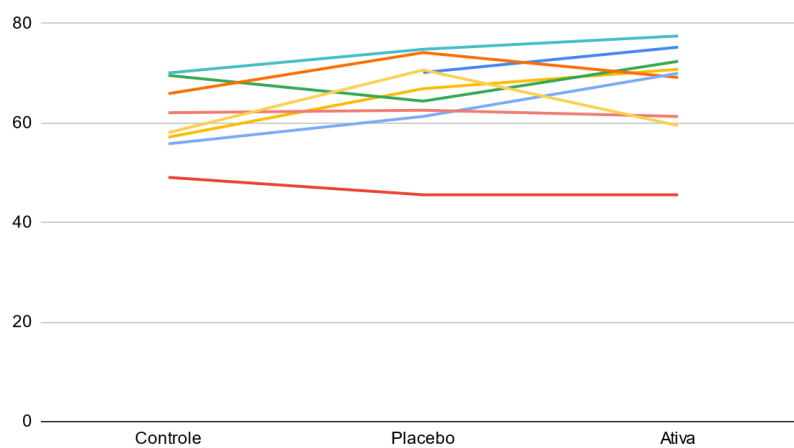


Figura B.25 Gráfico de perfis para a variável RPM média

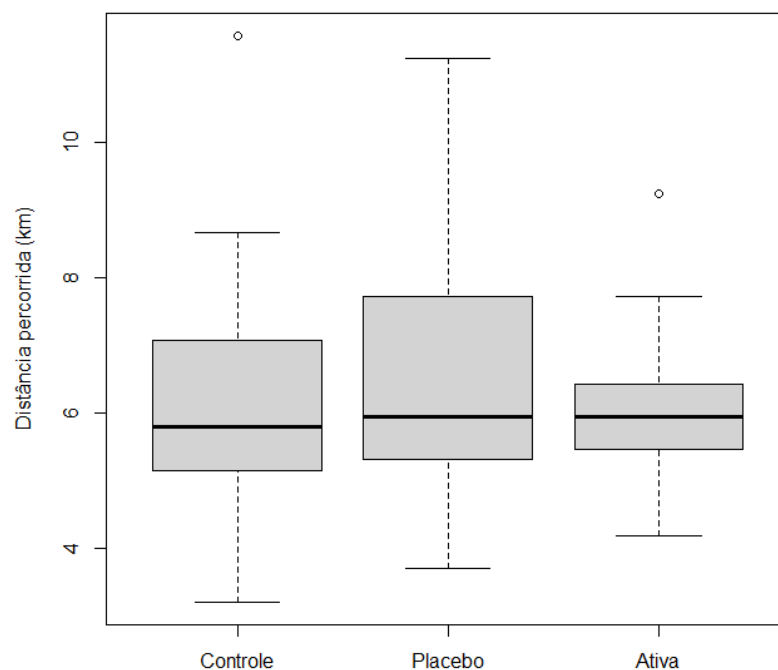


Figura B.26 *Box plot* para a variável Distância percorrida

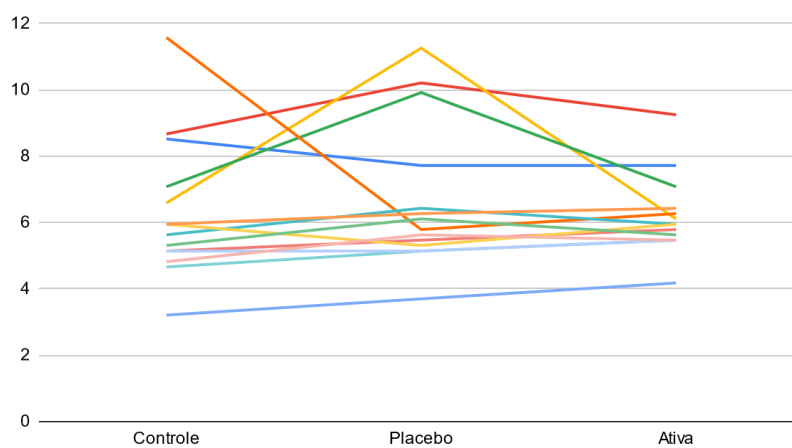


Figura B.27 Gráfico de perfis para a variável Distância percorrida

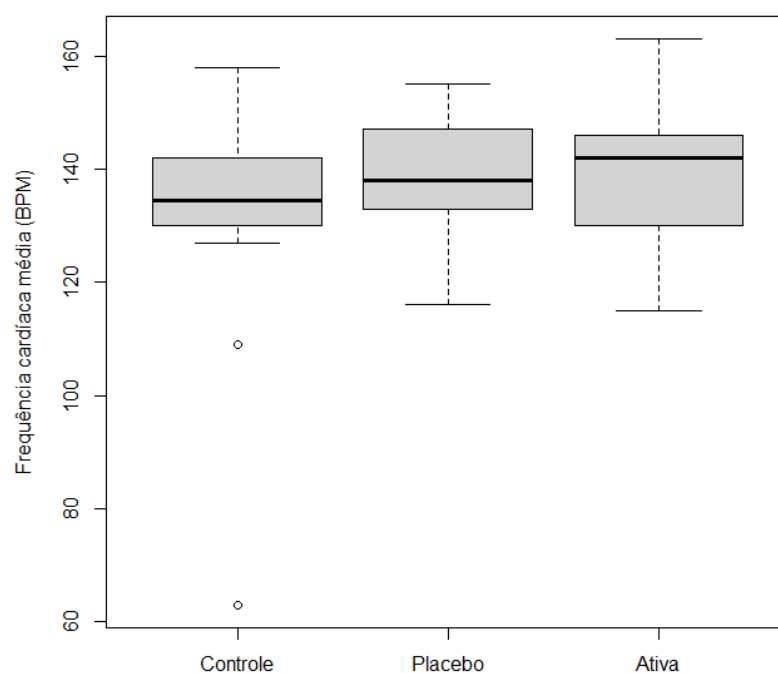


Figura B.28 Box plot para a variável Frequência cardíaca média

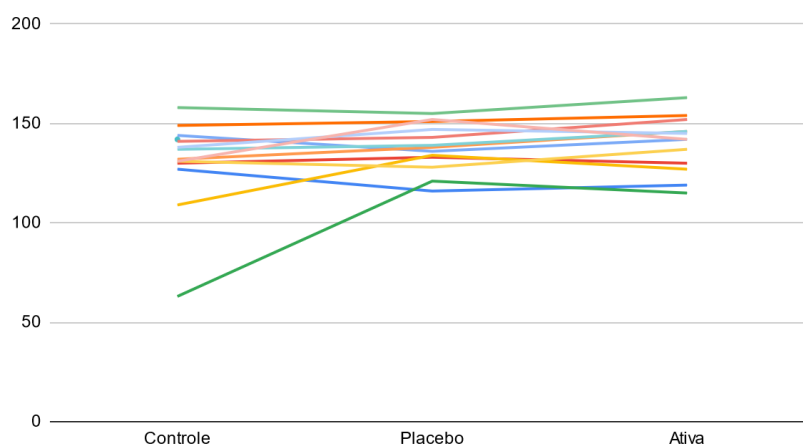


Figura B.29 Gráfico de perfis para a variável Frequência cardíaca média

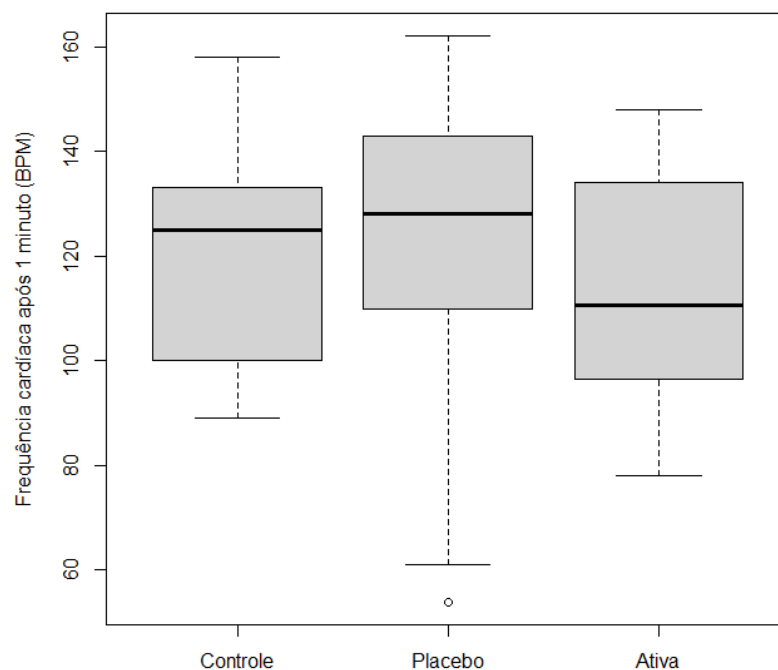


Figura B.30 *Box plot* para a variável Frequência cardíaca após 1 minuto

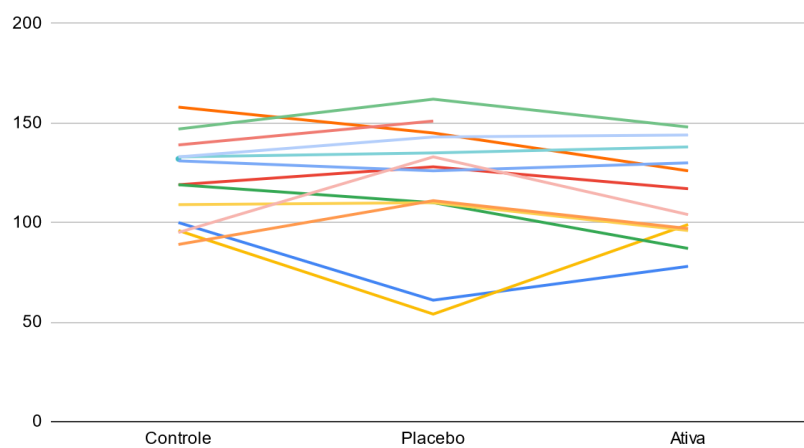


Figura B.31 Gráfico de perfis para a variável Frequência cardíaca após 1 minuto

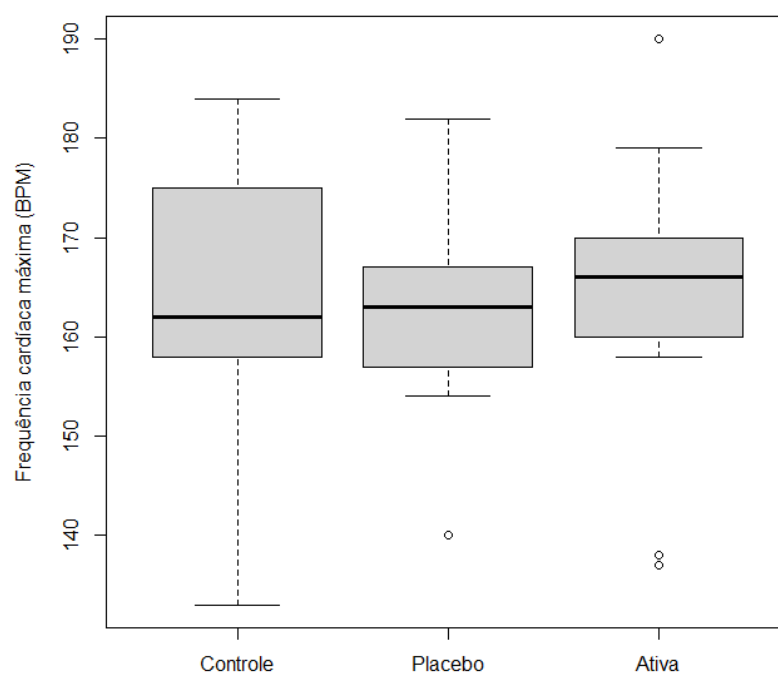


Figura B.32 *Box plot* para a variável Frequência cardíaca máxima

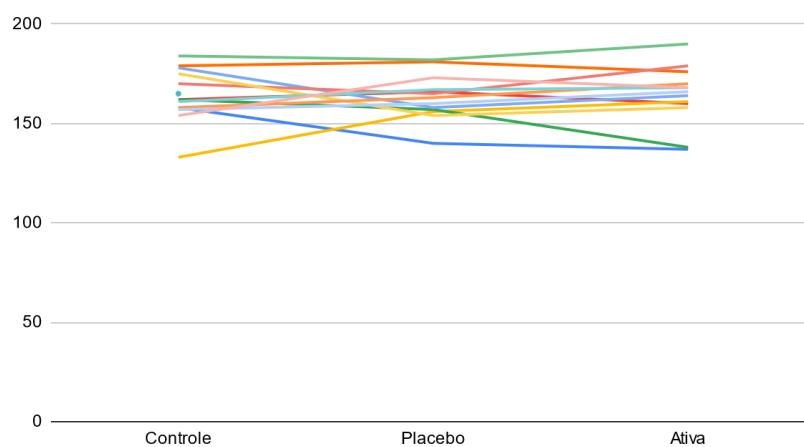


Figura B.33 Gráfico de perfis para a variável Frequência cardíaca máxima

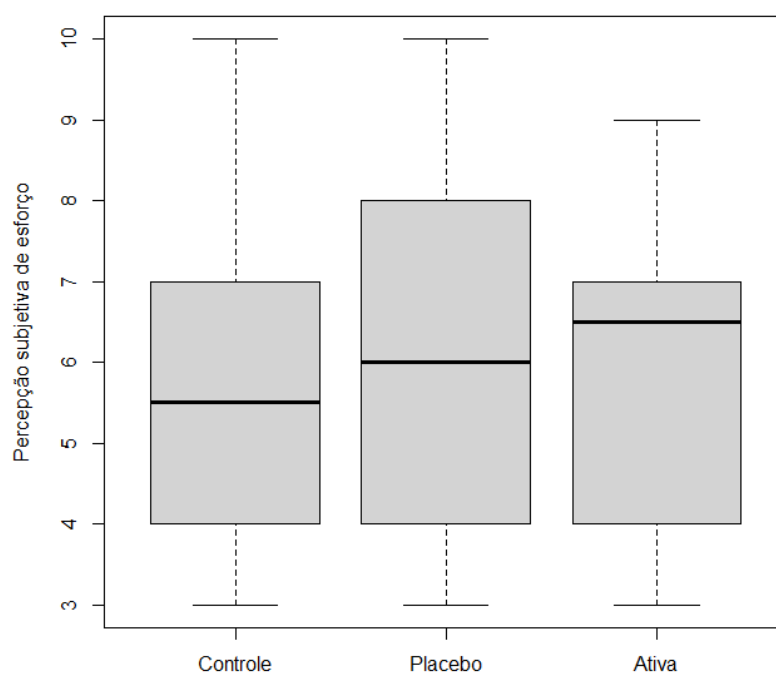


Figura B.34 *Box plot* para a variável Percepção subjetiva de esforço

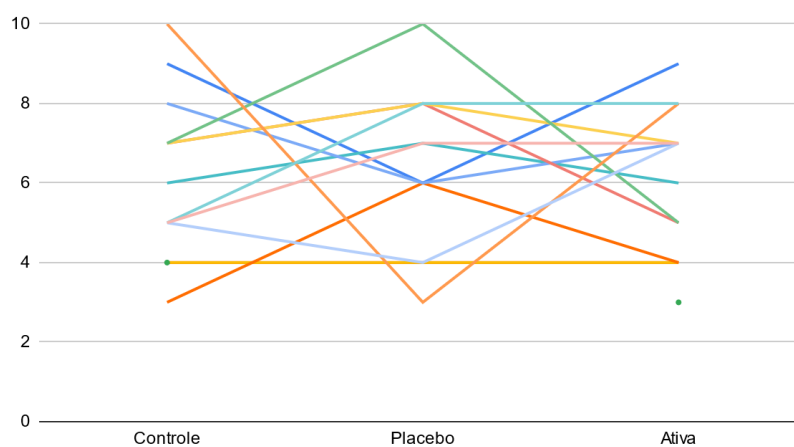


Figura B.35 Gráfico de perfis para a variável Percepção subjetiva de esforço

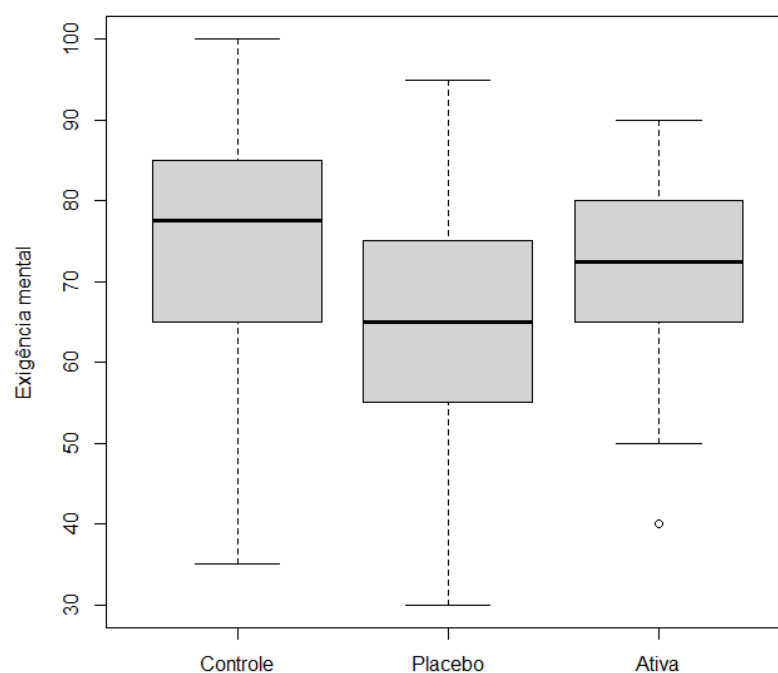


Figura B.36 *Box plot* para a variável Exigência mental

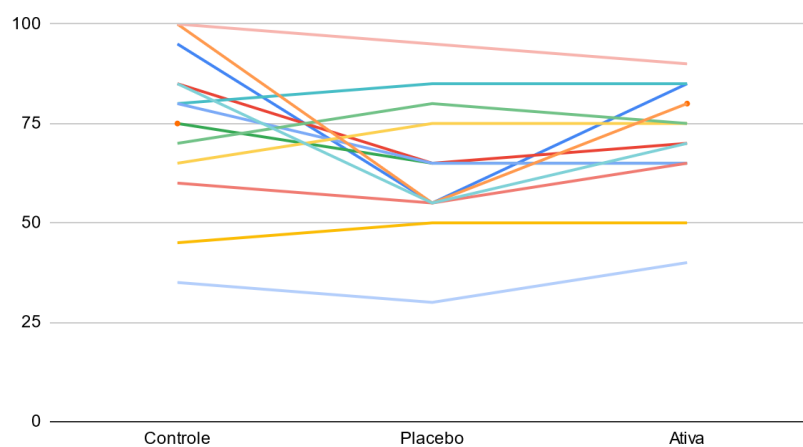


Figura B.37 Gráfico de perfis para a variável Exigência mental

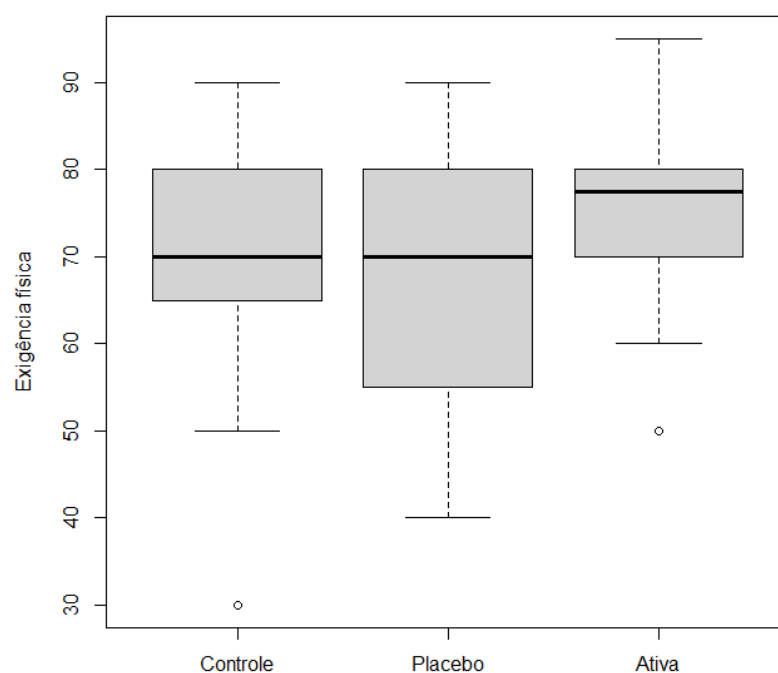


Figura B.38 Box plot para a variável Exigência física

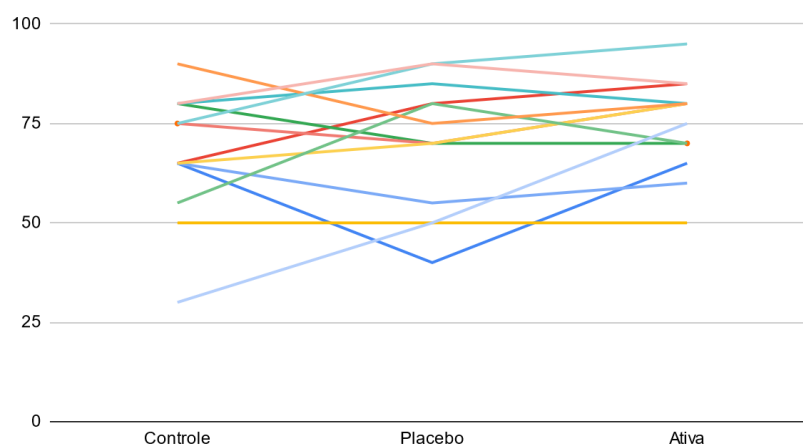


Figura B.39 Gráfico de perfis para a variável Exigência física

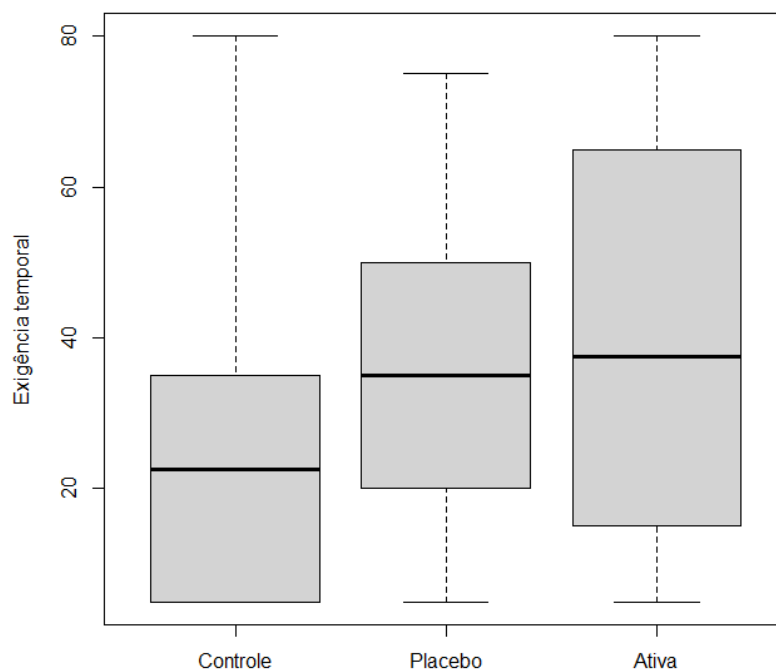


Figura B.40 Box plot para a variável Exigência temporal

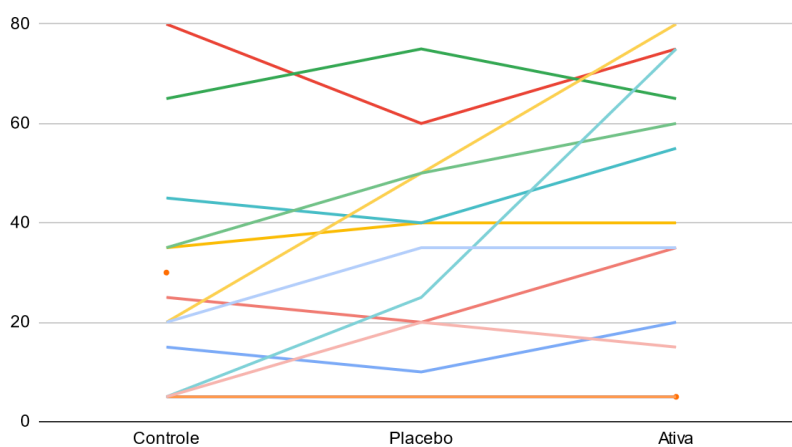


Figura B.41 Gráfico de perfis para a variável Exigência temporal

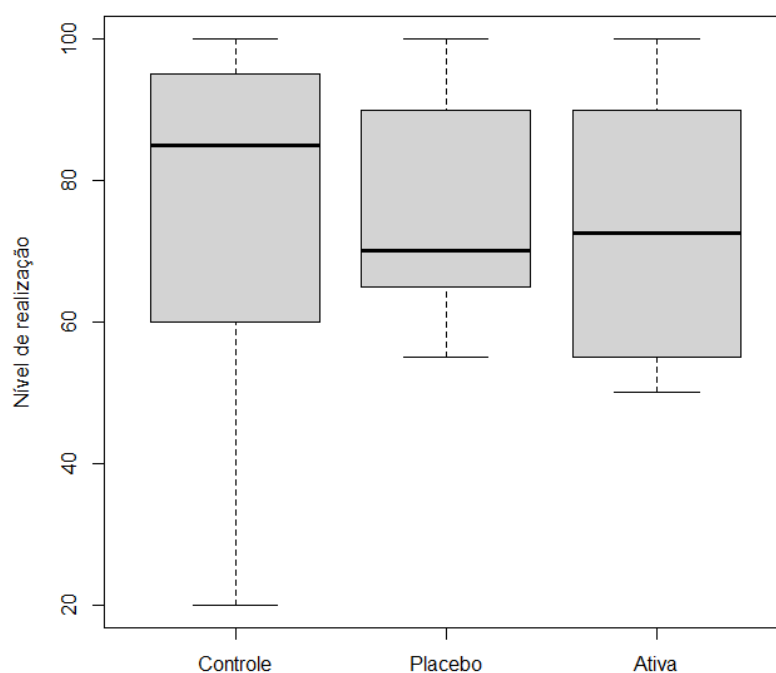


Figura B.42 *Box plot* para a variável Nível de realização

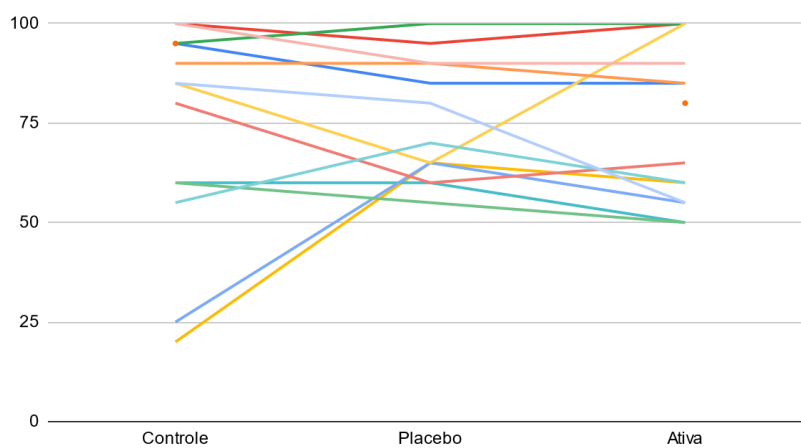


Figura B.43 Gráfico de perfis para a variável Nível de realização

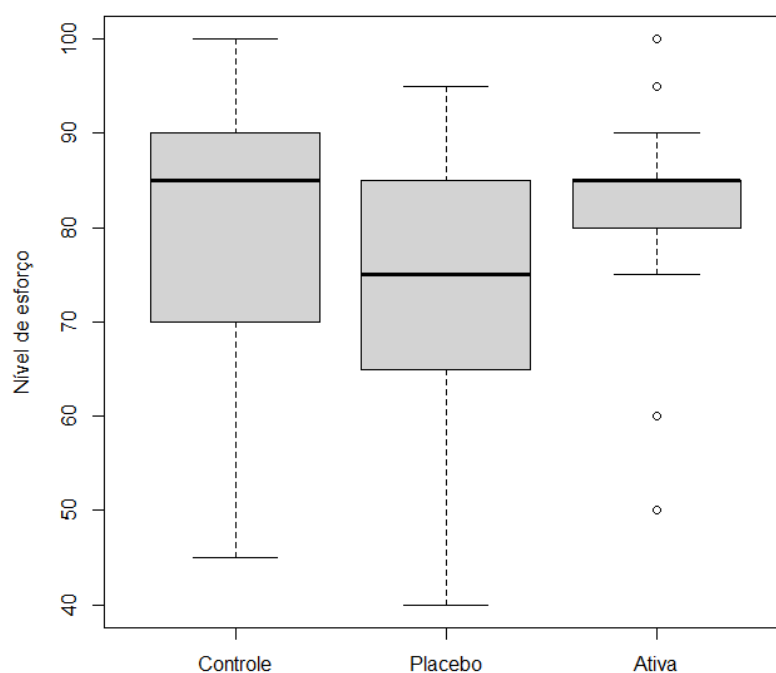


Figura B.44 *Box plot* para a variável Nível de esforço

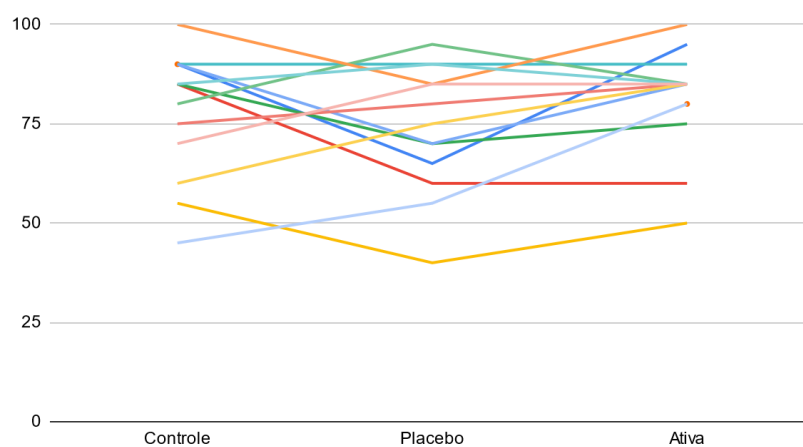


Figura B.45 Gráfico de perfis para a variável Nível de esforço

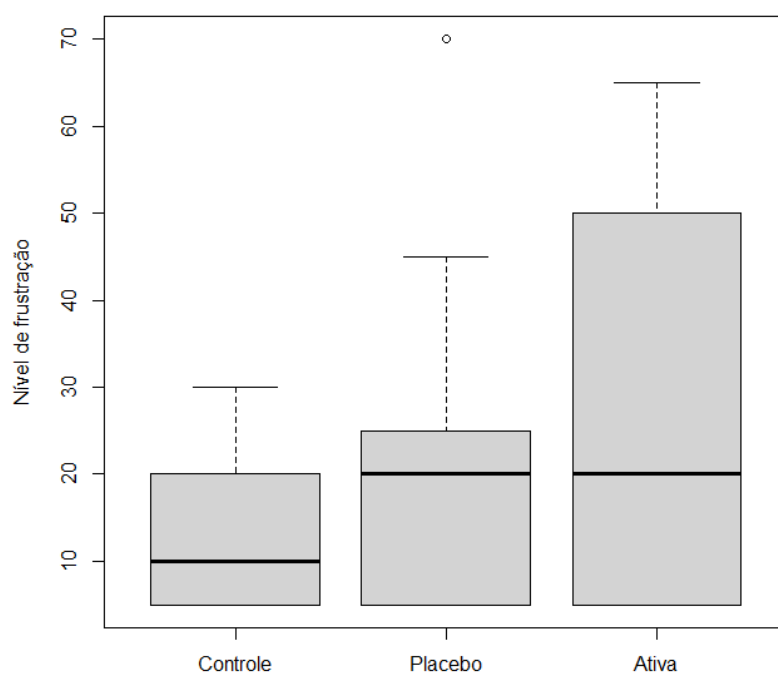


Figura B.46 *Box plot* para a variável Nível de frustração

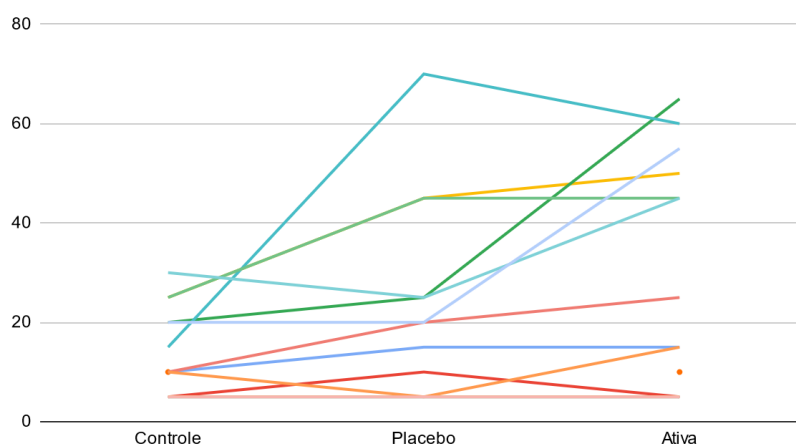


Figura B.47 Gráfico de perfis para a variável Nível de frustração