

O IMPACTO DA ALTITUDE NA SATURAÇÃO DE OXIGÊNIO EM ATLETAS PROFISSIONAIS DE FUTEBOL

Aline Aiolfi¹, Marina Becker Klein¹, Luiz Antonio Barcellos Crescente¹, Daniel Carlos Garlipp²

RESUMO

Introdução e Objetivo: A exposição aguda à altitude sem aclimação prévia pode diminuir o desempenho físico e esportivo devido à diminuição da pressão parcial de oxigênio. O objetivo do presente estudo foi comparar a saturação de oxigênio (SpO₂) ao nível do mar, e em duas diferentes altitudes, de atletas profissionais de futebol. **Materiais e Métodos:** Participaram do estudo 10 atletas de futebol de campo que atuaram em partidas nas cidades de Quito no Equador e La Paz na Bolívia. A SpO₂ foi medida através de um oxímetro de dedo digital Sanny NCS. Para a estatística descritiva foram utilizados os valores da média e desvio-padrão. Para a estatística inferencial, a fim de comparar a SpO₂ ao nível do mar e nas duas cidades em altitude, foi utilizado o teste t pareado. Todas as análises foram realizadas no programa estatístico SPSS for Windows 20.0, sendo que o nível de significância adotado foi 5%. **Resultados e Discussão:** Foi identificada diferença significativa ($p=0,000$) entre a SpO₂ medida ao nível do mar ($97,8 \pm 0,78\%$) e na cidade de Quito ($93,0 \pm 2,62\%$). Também foi identificada diferença significativa ($p=0,000$) entre a SpO₂ medida ao nível do mar ($97,6 \pm 0,78\%$) e na cidade de La Paz ($85,3 \pm 1,76\%$). Ainda, foi identificada diferença significativa ($p=0,000$) entre a SpO₂ medida na cidade de Quito ($93,0 \pm 2,62\%$) e na cidade de La Paz ($85,3 \pm 1,76\%$). **Conclusões:** Torna-se importante que os preparadores físicos e técnicos tenham consciência dessas alterações fisiológicas, a fim de tentar minimizar esses impactos tanto na saúde dos atletas, como nos resultados dos jogos.

Palavras-chave: Altitude. Hipóxia. Nível de Oxigênio. Futebol. Atletas.

1 - Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Canoas, Rio Grande do Sul, Brasil.

2 - Laboratório de Fisiologia e Medicina do Esporte (LAFIMED); Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Canoas. Rio Grande do Sul, Brasil.

ABSTRACT

The impact of the altitude in the oxygen saturation in professional football players

Introduction and Purpose: Acute exposure to altitude without previous acclimatization can decrease physical and sports performance due to the decrease in partial oxygen pressure. The aim of this study was to compare oxygen saturation (SaO₂) at sea level, and at two different altitudes, for professional football athletes. **Methods:** Ten field football athletes who participated in matches in the cities of Quito in Ecuador and La Paz in Bolivia participated in the study. SaO₂ was measured using a Sanny NCS digital finger oximeter. For descriptive statistics, the mean and standard deviation values were used. For inferential statistics, to compare SaO₂ at sea level and in the two cities at altitude, the paired t test was used. All analyzes were performed using the statistical program SPSS for Windows 20.0, with a significance level of 5%. **Results and Discussion:** A significant difference ($p=0.000$) was identified between SaO₂ measured at sea level ($97.8 \pm 0.78\%$) and in the city of Quito ($93.0 \pm 2.62\%$). There was also a significant difference ($p=0.000$) between SaO₂ measured at sea level ($97.6 \pm 0.78\%$) and in the city of La Paz ($85.3 \pm 1.76\%$). Still, a significant difference ($p=0.000$) was identified between the SaO₂ measured in the city of Quito ($93.0 \pm 2.62\%$) and in the city of La Paz ($85.3 \pm 1.76\%$). **Conclusion:** It is important that physical and technical coaches are aware of these physiological changes, to try to minimize these impacts both on the athletes' health and on the results of the football matches.

Key words: Altitude. Hypoxia. Oxygen Level. Football. Athletes.

E-mails dos autores:

aline0107@gmail.com

marinaklein@rede.ulbra.br

labcrescente@uol.com.br

daniel.garlipp@ulbra.br

INTRODUÇÃO

O futebol é um esporte de movimentação intensa que requer habilidades físicas, técnicas e táticas apresentando competições em diferentes localidades.

Estas habilidades dependem do tipo de exercício realizado, e de funções coordenativas e cognitivas apuradas.

No entanto, os atletas apresentam dificuldades em algumas competições, uma vez que em diferentes altitudes são identificadas alterações na pressão parcial de oxigênio (PaO_2) no ar inspirado.

No ano de 2007, a Federação Internacional de Futebol (FIFA) proibiu jogos internacionais em altitudes superiores à 2.500 metros.

Entretanto, devido a pressões políticas, o limite foi aumentado para 3.000 metros, o que foi suspenso em seguida, pois os dirigentes da FIFA estiveram à espera de dados que confirmassem essas dificuldades (Wachsmuth e colaboradores, 2013).

Assim, depois de uma reunião consenso entre a Comissão Médica da FIFA e 12 cientistas internacionais, foram elaboradas diretrizes para o treinamento e as competições em diferentes altitudes (D'Hooghe, 2013).

A altitude provoca diminuição da capacidade de desempenho físico e esportivo de atletas não-aclimatados, principalmente em atividades de longa duração, proporcionando significativa vantagem às equipes nativas (Brutsaert e colaboradores, 2000).

Associado a isso, a hipóxia causa uma interação complexa entre os mecanismos periféricos, centrais e perceptivos, o que causa uma diminuição na performance do atleta (Aldous e colaboradores, 2016).

A capacidade reduzida de atividades de futebolistas em alta altitude não surpreende, visto que, durante as partidas, as movimentações ocorrem por tempo prolongado, em aproximadamente 70% do seu consumo máximo de oxigênio (VO_2 máx) (Ekblom, 1986), sendo essa capacidade reduzida em aproximadamente 7% a cada 1.000 metros de altitude (Clark e colaboradores, 2007).

Sendo assim, o objetivo do presente estudo foi comparar a saturação de oxigênio (SpO_2) ao nível do mar, e em duas diferentes altitudes, de atletas profissionais de futebol.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo contou com dez atletas profissionais de futebol de campo, com idades entre os 21 e os 30 ($28,40 \pm 4,22$) anos. Os atletas pertencem à diferentes equipes internacionais de alto padrão, sendo titulares em seus grupos. Os experimentos seguiram a resolução do Conselho Nacional de Saúde ($n^\circ 196/96$ e $n^\circ 466/12$). O estudo teve a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos da Ulbra sob número do parecer 2.928.741.

A SpO_2 foi avaliada com a utilização de um oxímetro de dedo digital Sanny NCS, ao nível do mar e em duas partidas em competições internacionais. A SpO_2 foi avaliada no mesmo dia, imediatamente antes da viagem, no aeroporto internacional de São Paulo no Brasil, situada a uma altitude de 749 metros em relação ao nível do mar, e após a chegada no local da partida, ainda no aeroporto. As avaliações foram realizadas com os atletas sentados, após descanso mínimo de cinco minutos. A primeira partida ocorreu na cidade de Quito no Equador, situada a uma altitude de 2.850 metros, e a segunda ocorreu na cidade de La Paz na Bolívia, situada a uma altitude de 3.600 metros em relação ao nível do mar.

Para a estatística descritiva foram utilizados os valores da média e desvio-padrão. Para a estatística inferencial foi utilizado o teste t pareado. Todas as análises foram realizadas no programa estatístico SPSS for Windows 20.0, sendo que o nível de significância adotado foi 5%.

RESULTADOS

A partir da avaliação da SpO_2 de 10 atletas de futebol profissionais, tanto a nível do mar, como em altitude, em duas cidades diferentes (Quito no Equador e La Paz na Bolívia), os resultados foram expressos na figura 1.

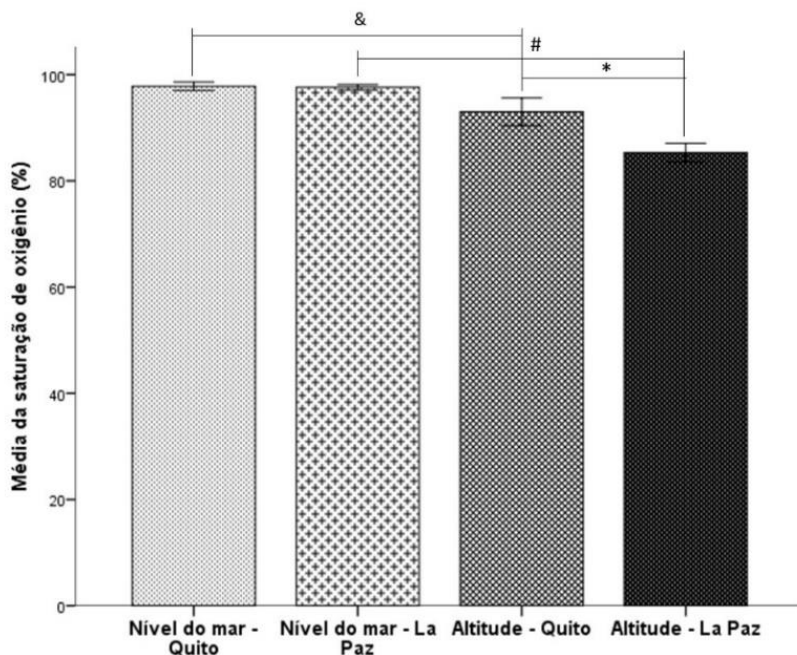


Figura 1 - Saturação de oxigênio ao nível do mar e em altitude nas cidades de Quito no Equador e La Paz na Bolívia.

Os valores foram expressos pela média \pm desvio-padrão. O "&" indica diferença significativa ($p < 0,05$) entre a SpO_2 ao nível do mar e na cidade de Quito no Equador. O "#" indica diferença significativa ($p < 0,05$) entre a SpO_2 ao nível do mar e na cidade de La Paz na Bolívia. O "" indica diferença significativa ($p < 0,05$) entre a SpO_2 medidas na cidade de Quito no Equador e La Paz na Bolívia.

Foi identificada diferença significativa ($p = 0,000$) entre a SpO_2 medida ao nível do mar ($97,8 \pm 0,78\%$) e na cidade de Quito no Equador ($93,0 \pm 2,62\%$).

Também foi identificada diferença significativa ($p = 0,000$) entre a SpO_2 medida ao nível do mar ($97,6 \pm 0,78\%$) e na cidade de La Paz na Bolívia ($85,3 \pm 1,76\%$).

Ainda, foi identificada diferença significativa ($p = 0,000$) entre a SpO_2 medida na cidade de Quito no Equador ($93,0 \pm 2,62\%$) e na cidade de La Paz na Bolívia ($85,3 \pm 1,76\%$).

DISCUSSÃO

O presente estudo avaliou a SpO_2 em jogadores de futebol profissional. Os resultados desta investigação demonstraram queda da SpO_2 de forma significativa ($p < 0,05$) em ambas as cidades analisadas. Tais alterações, geradas a partir da diminuição na PaO_2 , reduzem a disponibilidade de oxigênio para as mitocôndrias, alterando assim a produção do Trifosfato de Adenosina (ATP), diminuindo o

Consumo de Oxigênio (VO_2) e o desempenho aeróbio (Chapman e colaboradores, 2011).

Essa menor disponibilidade de oxigênio, no nível alveolar, provoca alterações fisiológicas, a fim de manter a absorção de oxigênio para os tecidos, tais como a hiperventilação, que resulta em alcalose respiratória (Calbet e colaboradores, 2003a) e no aumento da frequência cardíaca (FC) de repouso e submáxima (Basualto-Alarcón e colaboradores, 2012).

Consequentemente, a redução da quantidade de oxigênio transportada pelo sangue, levará à menor disponibilidade de O_2 para o consumo no tecido muscular.

Para Bernardi e colaboradores (2001), durante a hipóxia, a FC é modulada pela respiração. Já, segundo Halliwill e colaboradores (2003), os quimiorreceptores periféricos, também auxiliam no aumento da FC, sem alteração da sensibilidade barorreflexa, por agir diretamente sobre o controle barorreflexo e atividade simpática.

Segundo Powers e colaboradores (1989), uma redução da SpO_2 para em torno de

93-94% já seria suficiente para causar alterações no VO_2 máx, sendo que, a partir desse percentual, para cada 1% de redução da SpO_2 ocorreria uma redução de 1% no VO_2 máx.

A partir desses conceitos, tendo em vista a média da SpO_2 entre os atletas, na cidade de Quito no Equador ter sido de $93,0 \pm 2,62\%$, já ocorreria alguma alteração nos valores do VO_2 máx. Entretanto, na cidade de La Paz na Bolívia, onde a média de SpO_2 foi de $85,3 \pm 1,76\%$, ocorreriam reduções ainda mais expressivas no VO_2 máx.

As alterações que ocorrem na SpO_2 afetam o equilíbrio homeostático em repouso ou em exercício, que precisam ser reestabelecidas, pois provocam diminuição do desempenho físico (Mazzeo, 2008).

Entre as estratégias compensatórias à manutenção do equilíbrio homeostático em repouso e exercício na altitude, encontram-se o aumento da FC (Gamboa e colaboradores, 2001).

Esta resposta aguda de adaptação é limitada, porém, possibilita a melhora das condições de oxigenação, viabilizando a realização de determinado nível de esforço físico em altitudes (Gheller e colaboradores, 2012).

Ainda, a redução de 3% da SpO_2 , afeta várias respostas fisiológicas, como por exemplo da ressíntese de fosfocreatina (PCr), atividades das enzimas de Na^+ , K^+ e ATP, além de afetar a oxigenação cerebral e condução neuronal (Balsom e colaboradores, 1994; Billaut e Smith, 2010; Smith e Billaut, 2010).

Segundo Billaut e Aughey (2013), essas alterações centrais e periféricas vão reduzir a capacidade do atleta em executar acelerações consecutivas, exacerbando a fadiga, diminuindo assim a performance de alta intensidade.

Desta forma, estas respostas fisiológicas, certamente ficaram afetadas nos participantes do presente estudo, pois a redução da SpO_2 , principalmente na cidade de La Paz na Bolívia, foi de 12,6%.

Segundo Calbet e colaboradores (2003b), a diminuição da SpO_2 e o aumento do débito cardíaco em repouso, ou em exercício submáximo, são considerados fatores decisivos para a redução do VO_2 máx na altitude.

Ao analisar centenas de jogos internacionais de futebol, disputados na América do Sul, entre os anos de 1900 e 2004, McSharry (2007) avaliou a influência da altitude na probabilidade de uma vitória, número de gols marcados, número de gols sofridos e a diferença de altitude entre o local de origem de uma equipe específica e o da oposição.

Os resultados demonstraram que equipes de alta altitude pontuam mais e concedem menos gols com o aumento da diferença de altitude.

Para cada diferença adicional de altitude de 1.000 metros, a pontuação da equipe da casa aumentou em quase meio gol. Também foi identificado que a probabilidade de uma vitória em casa foi efetivamente aumentada de 0,537 para 0,825 para um time da casa com uma diferença de altitude de 3695 m (como Bolívia x Brasil) e cai para 0,213 quando a diferença de altitude é - 3695 m (como Brasil x Bolívia).

A partir desses resultados o autor concluiu que a altitude oferece uma vantagem significativa para as equipes de alta altitude ao jogar jogos internacionais de futebol em altitudes baixas e altas, e que equipes das terras baixas não conseguem se aclimatar a grandes altitudes, o que reduz, de forma considerável, o seu desempenho fisiológico.

CONCLUSÃO

Foram identificadas reduções significativas entre a SpO_2 medida ao nível do mar em comparação às altitudes de Quito no Equador e La Paz na Bolívia, sendo que, quanto maior foi a altitude, maior foi a redução da SpO_2 .

Quando comparadas a SpO_2 medida nas diferentes cidades, também foi identificada redução significativa, quanto às duas medidas. Sendo assim, torna-se importante que os preparadores físicos e técnicos tenham consciência dessas alterações fisiológicas, a fim de tentar minimizar esses impactos tanto na saúde dos atletas, como nos resultados dos jogos.

REFERÊNCIAS

1-Aldous, J.W.F.; Christmas, B.C.R.; Akubat, I.; Dascombe, B.; Abt, G.; Taylor, L. Hot and Hypoxic Environments Inhibit Simulated Soccer

Performance and Exacerbate Performance Decrements When Combined. *Frontiers in Physiology*. 2016.

2-Balsom, P.D.; Gaitanos, G.C.; Ekblom B.; Sjödin, B. Reduced oxygen availability during high intensity intermittent exercise impairs performance. *Acta Physiologica Scandinavica*. Vol. 152. Num. 3. 1994. p. 279-85.

3-Basualto-Alarcón, C.; Rodas, G.; Galilea, P.A.; Riera, J.; Pagés, T.; Ricart, A.; Torella, J.R.; Behn, C.; Viscor, G. Cardiorespiratory parameters during submaximal exercise under acute exposure to normobaric and hypobaric hypoxia. *Apunts Sports Medicine*. Vol. 47. Num. 174. 2012. p. 65-72.

4-Bernardi, L.; Passino, C.; Wilmerding, V.; Dallam, G.M.; Parker, D.L.; Robergs, R.A.; Appenzeller, O. Breathing patterns and cardiovascular autonomic modulation during hypoxia induced by simulated altitude. *Journal of Hypertension*. Vol. 19. Num. 5. 2001. p. 947-58.

5-Billaut, F.; Aughey, R.J. Update in the understanding of altitude-induced limitations to performance in team-sport athletes. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 47. 2013. p.i22-i27.

6-Billaut, F.; Smith, K.J. Prolonged repeated-sprint ability is related to arterial O₂ desaturation in man. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. Vol. 5. Num. 2. 2010. p. 197-209.

7-Brutsaert, T.D.; Spielvogel, H.; Soria, R.; Araoz, M. Performance of Altitude Acclimatized and Non-Acclimatized professional Football (soccer) Players at 3,600m. *Journal of Exercise Physiology Online*. New York. Vol. 3. Num. 2. 2000. p. 49-63.

8-Calbet, J.A.L.; Boushel, R.; Radegran, G.; Søndergaard, H.; Wagner, P.D.; Saltin, B. Why is VO₂ max after altitude acclimatization reduced despite normalization of arterial O₂ content. *American Journal Physiology Regulatory Integrative and Comparative Physiology*. Vol. 284. 2003a. p. R304-16.

9-Calbet, J.A.L.; Boushel, R.; Radegran, G.; Søndergaard, H.; Wagner, P.D.; Saltin, B. Determinants of maximal oxygen uptake in severe acute hypoxia. *American Journal of Physiology Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*. Vol. 284. Num. 2. 2003b. p. 291-303.

10-Chapman, R.F.; Stager, J.M.; Tanner, D.A.; Stray-Gundersen, J.; Levine, B.D. Impairment of 3000-m run time at altitude is influenced by arterial oxyhemoglobin saturation. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. Vol. 43. Num. 9. 2011. p. 1649-56.

11-Clark, S.A.; Bourdon, P.C.; Schmidt, W.; Singh, B.; Cable, G.; Onus, K.J.; Woolford, S.M.; Stanef, T.; Gore, C.J.; Aughey, R.J. The effect of acute simulated moderate altitude on power, performance and pacing strategies in well-trained cyclists. *European Journal of Applied Physiology*. Vol. 102. Num. 1. 2007. p. 45-55.

12-D'Hooghe, M. Football and altitude: a FIFA vision. *British Journal of Sports Medicine*. Vol. 47. Suppl. 1. 2013. p. i1.

13-Ekblom, B. Applied physiology of soccer. *Sports Medicine*. Vol. 3. Num. 1. 1986. p. 50-60.

14-Gamboa, A.; León-Velarde, F.; Rivera-Ch, M.; Vargas, M.; Palacios, J.A.; Monge-C, C. Ventilatory and cardiovascular responses to hypoxia and exercise in Andean natives living at sea level. *High Altitude Medicine and Biology*. Vol. 2. Num. 3. 2001. p. 341-7.

15-Gheller, R.G.; Lotufo, R.F.M.; Lopes, L.F.D.; Kalinine, I.; Portela, L.O.C. Aclimação em altitude simulada: efeitos sobre a frequência cardíaca e saturação de oxigênio da hemoglobina em jogadores de futebol. *Revista da Educação Física/UEM*. Vol. 3. Num. 3. 2012. p. 347-53.

16-Halliwill, J.R.; Morgan, B.J.; Charkoudian, N. Peripheral chemoreflex and baroreflex interactions in cardiovascular regulation in humans. *The Journal of Physiology*. Vol. 552. Num. Pt1. 2003. p. 295-302.

17-Mazzeo, R.S. Physiological Responses to exercise at altitude. Sport Medicine. Vol. 38. Num. 1. 2008. p. 1-8.

18-McSharry, P.E. Effect of altitude on physiological performance: a statistical analysis using results of international football games. British Medical Journal. Vol. 335. Num. 7633. 2007. p. 1278-81.

19-Powers, S.K.; Lawler, J.; Dempsey, J.A.; Dodd, S.; Landry, G. Effects of Incomplete Pulmonary Gas Exchange on VO_2 Max. Journal of Applied Physiology. Vol. 66. Num. 6. 1985. p. 2491-5.

20-Smith, K.J.; Billaut, F. Influence of cerebral and muscle oxygenation on repeated-sprint ability. European Journal of Applied Physiology. Vol. 109. 2010. p. 989-99.

21-Wachsmuth, N.B.; Kley, M.; Spielvogel, H.; Aughey, R.J.; Gore, C.J.; Bourdon, P.C.; Hammond, K.; Sargent, C.; Roach, G.D.; Sanchez, R.S.; Claros, J.C.J.; Schmidt, W.F.; Garvican-Lewis, L.A. Changes in blood gas transport of altitude native soccer players near sea-level and sea-level native soccer players at altitude (ISA3600). British Journal of Sports Medicine. Vol. 47. 2013. p.i93-i99.

Autor correspondente:

Daniel Carlos Garlipp.

daniel.garlipp@ulbra.br

Coordenador do Laboratório de Fisiologia e Medicina do Esporte (LAFIMED) e Professor dos cursos de Medicina e Educação Física da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA/Canoas), Brasil.

Avenida Farroupilha, 8001, Prédio 55, Sala 1. Bairro São José, Canoas-RS, Brasil.

CEP: 92425-900.

Recebido para publicação em 14/11/2023

Aceito em 07/02/2024