

Universidade de São Paulo
Instituto de Biociências
Departamento de Fisiologia Geral

Projeto de Doutorado

**ESTUDO DA TEMPERATURA CRÍTICA MÁXIMA DE ARTRÓPODOS EM BIOMAS
BRASILEIROS**

Antonio Carlos da Silva

- Aluno -

Carlos Arturo Navas Iannini

- Orientador -

São Paulo, 2011

Resumo

As ações antrópicas associadas à aceleração do aquecimento global e o aumento de eventos climáticos extremos tornam o quadro importante do ponto de vista da conservação. Estudos que englobem a investigação de padrões fisiológicos em diferentes biomas podem ser uma importante ferramenta para conhecer o escopo da diversidade fisiológica presente nestes ambientes. Além do mais, animais ectotérmicos que demonstram grande influência da temperatura ambiental podem servir como um modelo para entender questões desta abrangência. Sendo assim, muitos destes organismos operam com faixas de tolerância térmica estreita e variações na temperatura alteram, por exemplo, a estrutura das membranas celulares podendo comprometer as atividades enzimáticas associadas às membranas e os processos de transporte. Nesse contexto, o presente trabalho objetiva avaliar, como a temperatura crítica máxima de artrópodes-modelo, guarda relação com as temperaturas médias e máximas presente nos diferentes biomas brasileiros (Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Amazônia). Em segundo se há um efeito de sazonalidade em relação ao período mais quente e frio do ano e a temperatura crítica máxima exemplificada pela fauna de artrópodes-modelo. O projeto usará uma abordagem macrofisiológica para tentar correlacionar os biomas para os parâmetros testados nos grupos modelos. Os resultados poderão sugerir como a diversidade fisiológica de artrópodes nos diferentes biomas se apresenta bem como criar um banco de dados para ser usado em modelagem climática dos efeitos das alterações do clima sobre a fauna de artrópodes nos biomas brasileiros.

Introdução

As ações antropogênicas com impacto sobre o ambiente como o desmatamento, aumento da poluição e queimadas com consequente aceleração do aquecimento global no último século pode ser considerado um dos maiores distúrbios já perpetrados sobre o meio ambiente (Salati, 1991; Sala, 2000; Thomas *et al.*, 2004). A compreensão da natureza dos diferentes efeitos das mudanças no clima sobre as espécies animais é um dos mais urgentes desafios apresentados à ciência contemporânea. Dentre as complexas interações entre fatores bióticos e abióticos que atuam no clima, o impacto deste gradual aumento da temperatura global propicia uma maior dinâmica atmosférica. Esta pode atuar acelerando os ciclos hidrológicos e de energia na atmosfera com consequente alteração na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos (Buckeridge, 2008).

No Brasil algumas previsões afirmam que as mudanças do clima atuarão de modo a modificar a paisagem dos biomas, como será o caso da savanização de uma grande área da Amazônia, e ocorrência de áreas de desertificação em partes do nordeste brasileiro (Oyama e Nobre, 2003; Salazar *et. al.*, 2007). Além disso, outros estudos exemplificam a alteração do clima no que pode ser chamado de eventos atípicos e extremos em alguns estados brasileiros como foi o caso do Paraná e Rio Grande do Sul. Nestes estados ocorreu um verão muito seco com precipitação anormal negativa de 500 mm no período de 2004-2005 com evidentes efeitos no agronegócio (Marengo e Camargo, 2008). No estado de São Paulo, nos últimos 60 anos, foi registrado uma tendência a maiores extremos de temperaturas máximas e mínimas, mudanças nos extremos de precipitação entre dias consecutivos secos e úmidos e também aumento do número de dias por ano considerados frios ou quentes (Dufek e Ambrizzi, 2007)

Estas mudanças regionais podem ser nocivas para muitas espécies, particularmente aquelas especialistas. Embora tais mudanças envolvem impacto sobre variáveis bióticas e abióticas existe um certo consenso sobre a importância das segundas para os organismos ectotérmicos, particularmente animais de pequeno porte que usualmente estão completamente expostos à variação ambiental. Nesse caso, se as mudanças de variáveis físicas, por exemplo as associadas ao regime de temperatura, são marcantes pode ser que ocorra o declínio de indivíduos em estado reprodutivo com extinção local ou mudança na distribuição, ou seja, migração de indivíduos para áreas não afetadas. Por outra parte, pode ocorrer também que os indivíduos na população possam tolerar o impacto via ajustes comportamentais e fisiológicos (Futuyama, 2005; Hochachka e Somero, 2002). Contudo, o potencial de esses ajustes e a própria evolução da fisiologia, possivelmente

esteja associada à história evolutiva do grupo, e, portanto, ao universo de condições ambientais que caracteriza um bioma (Wikelski e Cooke 2006).

Embora estes impactos que atuam nas espécies variem geograficamente (Thomas *et al.*, 2004; Parmesan e Yohe, 2003; Root *et al.*, 2003) existem ainda poucas ferramentas mecanicistas bem desenvolvidas para prever a sua magnitude e padrões de distribuição global (Davis *et al.*, 1998). Um importante determinante da resposta biológica às mudanças climáticas irá ser o grau de aquecimento *per se*, que irá continuar a ser maior em altas latitudes (IPCC, 2007). Também relevante, será a sensibilidade fisiológica dos organismos às mudanças de temperatura em seu ambiente (Bernardo *et al.*, 2007; Calosi *et al.*, 2007).

Para se entender se as tolerâncias às condições físicas do ambiente varia ao longo de grandes gradientes geográficos, é necessário uma abordagem interdisciplinar a exemplo da macrofisiologia, permite avaliar qual a influência geral de um bioma, por exemplo, na evolução de características fisiológicas, bem como se houver adaptação paralela de espécies com especialização de muitas, se prováveis ondas de extinção seriam possíveis dadas as mudanças no clima (Jumbam *et al.*, 2008; Chown e Gaston, 2008; Gaston *et al.*, 2009). Desta perspectiva estudos que sinalizem padrões gerais observáveis em vários grupos em resposta a uma da variável abiótica, por exemplo, a temperatura ambiental, agrega valor a propostas de conservação da biodiversidade (Chown *et al.* 2002, Parmesan, 2006).

A temperatura ambiental atua em praticamente todos os processos fisiológicos e bioquímicos em animais ectotérmicos e, portanto é um dos fatores mais importante dentre outros complexos componentes do ambiente que ditam a sua sobrevivência e dispersão (Cossins e Bowler, 1987). Isto certamente é verdade para artrópodes que constituem boa parte da biodiversidade da fauna terrestre (Wilson, 1992), e desenvolveram uma gama de

adaptações comportamentais, fisiológicas e bioquímicas para suportar a exposição sazonal, tanto diária quanto anual, a flutuações agudas de temperatura (Overgaard, *et.al.*,2008, Deutsch *et al.*, 2008).

Neste aspecto, alguns trabalhos (Parmesan, 2006; Deutsch *et al.*, 2008; Sunday *et al.*, 2010) sugerem que os efeitos do aquecimento global sobre populações de artrópodes tentem a ser mais pronunciados nas regiões tropicais onde a diversidade biológica é maior. Igualmente importante salientar é que a faixa de temperatura ótima varia entre as espécies e as oscilações térmicas podem causar alterações nas propriedades estruturais e fisiológicas dos organismos (Hochachka e Somero, 2002). As faixas de segurança em que um organismo pode atuar podem ser deduzidas da diferença entre a temperatura crítica e real ou das previstas para o campo (Lutterschmidt e Hutchison, 1997).

A determinação dos limites de atividade, por exemplo, é um importante primeiro passo na compreensão dos caminhos nas quais a variação ambiental afeta o “*fitness*” e a dinâmica de uma dada população. Os limites termais têm recebido bastante atenção por causa de sua investigação fornecer “*insights*” de como as variações nas formas do clima atuam na ecologia, distribuição e evolução das espécies. (Janzen 1967; Portner 2001;Ghalambor *et. al.*, 2006; Chown e Terblanche 2007). Além disso, limites máximos de temperatura são positivamente relacionados com temperaturas de ótimo desempenho (Huey e Bennett 1987; Garland *et.al.*, 1991) e estes limites são relativamente fáceis de medir (Chown e Nicolson 2004) podendo fornecer um indicador dos limites de atividade para uma população sobre exposição aguda (Vannier, 1994; Somero, 2005).

Visto que há muitos fatores que atuam na tolerância térmica dos indivíduos e suas respectivas populações, o conhecimento de como a diversidade fisiológica presente em cada bioma se apresenta em relação a um dado parâmetro (ex. temperatura, umidade...)

podem vir a ser tornar uma ferramenta que auxilie no entendimento de como os efeitos das mudanças no clima estão correlacionadas com as características dos ambientes investigados. No contexto brasileiro, as mudanças climáticas globais têm sido analisadas tanto na perspectiva do uso da terra para agricultura (Cerri *et al.*, 2007) quanto dos possíveis efeitos para a diversidade biológica (Marengo, 2007; Carnaval e Moritz, 2008).

Pelas razões acima expostas propomos avaliar como um parâmetro da diversidade fisiológica de artrópodes, a temperatura crítica máxima, guarda relação com as temperaturas médias e máximas presentes nos diferentes biomas brasileiros (Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Amazônia). A premissa é que a diversidade fisiológica existente nos vários biomas terrestres brasileiros em relação a fisiologia termal dos animais seja estritamente correlacionada com a amplitude de temperatura ambiental do bioma em que os animais estão inseridos. Em primeiro, será avaliado a temperatura crítica máxima de 4 grupos de artrópodes (Formicidae, Arachnida, Diplopoda e Chilopoda) nos biomas brasileiros. Em segundo, tentar observar em dois biomas (Mata Atlântica e Cerrado) se há uma relação de sazonalidade entre a temperatura nos períodos mais quente e frio do ano e a temperatura crítica máxima dos grupos de artrópodes modelo. E finalmente, criar um banco de dados que possibilite a junção de dados geoclimáticos para modelos mais realistas dos efeitos das mudanças do clima sobre a fauna de artrópodes dos biomas.

Objetivo

Iremos testar as seguintes hipóteses:

- a) Há uma relação de correlação entre a diversidade fisiológica expressa pela temperatura crítica máxima de artrópodes-modelo e as temperaturas médias e máximas do bioma.
- b) Há um efeito de sazonalidade entre a época mais quente e fria do ano sobre a temperatura crítica máxima dos artrópodes-modelo em relação ao bioma.
- c) Disponibilizar informação para a criação de um banco de dados sobre a diversidade fisiológica da fauna de artrópodes nos biomas.

Resumo da abordagem experimental

Esta proposta de pesquisa usará uma abordagem macrofisiológica para tentar responder questões sobre a diversidade fisiológica presente na fauna de artrópodes terrestres (Formicidae, Arachnida, Chilopoda e Diplopoda) nos biomas brasileiros. A tolerância termal de muitos organismos tem mostrado ser proporcional a magnitude de temperatura que ele tenha experienciado (Jazen,1967; Addo-Bediako *et al.*, 2000; Ghalambor *et al.*, 2006;Overgaard 2008). Assim, a habilidade dos indivíduos sobreviverem a mudanças agudas termais depende da preservação de processos fisiológicos e bioquímicos que assegurem o funcionamento metabólico (Somero,1995; Hochachka e Somero, 2002), estando muito destes processos atrelados a estreito limite de segurança termal para o organismo (Hochachka e Somero, 2002, Calosi, *et.al.*, 2008).

Neste trabalho será avaliado a temperatura crítica máxima (CT_{max}) tendo como sistemas-modelo artrópodes de diferentes biomas, já que evidências justificam que a tolerância térmica destes responde a modificações no clima (Karban e Strauss, 2004, Terblanche, *et.al.*, 2008). Em segundo, será avaliado se há efeito de sazonalidade sobre a temperatura crítica máxima em relação aos dias mais quentes e frios do ano de dois biomas (Mata Atlântica e Cerrado). A coleta destes dados permitirá a criação de um banco de dados da diversidade fisiológica destes ambientes.

Material e Métodos

A escolha dos animais do estudo

Através de investigações preliminares, aliado a sugestões do Prof. Dr. A. Vanin MZ-USP decidiu-se estudar os táxons Formicidae, Arachnida, Diplopoda e Chilopoda. A justificativa para essa escolha está na aparente boa representação destes táxons nos biomas terrestres do Brasil.

Acompanhamento das temperaturas médias e máximas dos biomas

Usaremos os dados disponíveis de estações climáticas próximas aos locais a serem amostrados. Os dados geo-referenciados serão processados com o programa Idrissi.

Medidas da Temperatura Crítica Máxima

Usaremos como temperatura crítica máxima a temperatura média em que o indivíduo perde alguma função motora essencial correspondente ao lento aumento da temperatura corporal (Lutterschmidt e Hutchison, 1997; Sunday *et al.*, 2010). Será usado um aparelho desenvolvido pela Sable Systems® que permite uma medida rápida e prática da temperatura crítica máxima de um grande número de artrópodes terrestres. O aparelho é programado para aumentar a temperatura em 1°C/min.

Teste da Sazonalidade

Este teste irá comparar a temperatura crítica máxima dos grupos de artrópodes nas épocas mais quentes e frias do ano em dois biomas. Escolhemos selecionar apenas dois biomas por motivos operacionais.

Locais a serem amostrados

Inicialmente foram escolhidos os biomas da Caatinga (e.g., região central de RN), Cerrado (e.g., Estação Ecológica de Itirapina, no interior de São Paulo), Mata Atlântica sensu stricto (e.g., Boraceia, SP), Mata atlântica em regiões de altitude (e.g., Campos do Jordão), e a Floresta Amazônica (e.g., Base do INPA) e Mata Atlântica em regiões litorâneas (e.g., Estação Ecológica da Ilha do Mel/Parque Estadual da Ilha do Mel). Esses biomas são mais indicados para o estudo inicial, pois são contrastantes e bem representativos das variações climáticas do Brasil (Por *et al.*, 2005). É evidente que foi adotado uma definição de bioma abrangente, que ignora inúmeras particularidades que existem em cada um destes locais. No entanto, a escolha por estudar locais bem distintos

em troca de estudar as particularidades de cada local seja, nesta fase, o mais informativo a se fazer. Outros locais que deverão ser inclusos posteriormente são:

1. Mata Atlântica sensu lato (e.g., Florestas Semidecíduais do Interior do Paraná, Estação Ecológica da Ilha do Mel/Parque Estadual da Ilha do Mel).
2. Pantanal (e.g., Base de Pesquisa do Pantanal, pertencente a Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Município de Miranda, MS).
3. Campos Sulinos (e.g., Campos de Cima da Serra, Município de São Joaquim, SC).
4. Restinga (e.g., área a ser definida no litoral paulista).
5. Campos rupestres (e.g., Chapada Diamantina).

Análise Estatística

Para dados paramétricos: a) testes de variância (ANOVA); b) análise de componentes principais (PCA) e não paramétricos: a) Many White b) Kruskal- Wallis.

Cronograma

A coleta de dados será realizada nos períodos mais quentes e frios do ano.

Literatura consultada:

- Addo-Bediako, A, Chown, S. L. e Gaston, K. J. (2000). Thermal tolerance, climatic variability and latitude. *Proceedings of the Royal Society of London Series B-Biological Sciences*, 267, 739-745.
- Angilletta MJ (2009) *Thermal Adaptation*: Oxford university press. 285 p.
- Bergmeyer, J.(1983). *Methods of enzymatic analysis*: Third edition: Editor-in-Chief: Hans Ulrich Bergmeyer. Verlag Chemie, Weinheim.
- Bernardo, J, Ossola, R.J, Spotilla, J.R, e Crandall, K.A. (2007). Interspecies physiological variation as a tool for cross-species assessments of global warming-induced endangerment: Validation of an intrinsic determinant of macroecological and phylogeographic structure. *Biol Lett* 3:695– 698.
- Brattstrom, B. H. (1963). A Preliminary Review of the Thermal Requirements of Amphibians. *Ecology* 44, 238-255.
- Buckeridge, M.(2008). *Biologia & Mudanças Climáticas no Brasil*: Rima.
- Buda, C, Dey, I, Balogh, N, Horvath, L.I, Maderspach, K, Juhasz, M, Yeo, Y.K. e Farkas, T. (1994). In fish brain cells during thermal acclimatization. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 91, 8234–8238.
- Calosi, P, Bilton, D,T. e Spicer, J.I. (2007). Thermal tolerance, acclimatory capacity and vulnerability to global climate change. *Biol Lett* 4:99 –102.
- Calosi, P., Bilton, D. T., and Spicer, J. I. (2008). Thermal tolerance, acclimatory capacity and vulnerability to global climate change. *Biology Letters* 4, 99-102.
- Carnaval, A.C. e G. Moritz. (2008). Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. *Journal of Biogeography*,35:1187–1201.
- Cerri, C. E. P, G. Sparovek, M. Bernoux, W. E. Easterling, J. M. Melillo, and C. C. Cerri. (2007). Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. *Scientia Agricola* 64: 83–99.
- Chown, S. L. & Nicolson, S. W. (2004). *Insect physiological ecology. Mechanisms and patterns*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Chown, S. L. & Terblanche, J. S. (2007). Physiological diversity in insects: ecological and evolutionary contexts. *Adv. Insect Physiol.* 33, 50–152. (doi:10.1016/S0065-2806(06)33002-0)

- Chown, S.L, Addo-Bediako, A, e Gaston, K.J. (2002). Physiological variation in insects: large-scale patterns and their implications. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B* 131 (2002) 587–602.
- Chown, S.L, e Gaston, K.J. (2008). Macrophysiology for a changing world. *Proc. R. Soc. B* (2008) 275, 1469–1478.
- Compton, T., Rijkenberg, M., Drent, J., and Piersma, T. (2007). Thermal tolerance ranges and climate variability: A comparison between bivalves from differing climates. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 352, 200-211.
- Cossins, A.R, e Bowler, K. (1987). *Temperature biology of animals*. London: Chapman and Hall, 1987. 325p.
- Davis, A.J, Jenkinson, L.S, Lawton, J.H, Shorrocks, B. e Wood, S. (1998). Making mistakes when predicting shifts in species range in response to global warming. *Nature* 391:783–786.
- Deutsch, C.A. *et al* (2008). Impacts of climate warming on terrestrial ectotherms across latitude. *PNAS* 2008 105 (18) 6668-6672.
- Donnelly, M. A. 1998. Potential effects of climate change on two neotropical amphibian assemblages. *Climatic Change* 39: 541–561.
- Dufek, A. S. e Ambrizzi, T. (2007). Precipitation variability in Sao Paulo State, Brazil. *Theoretical and Applied Climatology* 1:1-12.
- Folch, J, Lees, M, Stanley, G. H. S. (1957). A Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipides From Animal Tissues. *Journal of Biological Chemistry*, v. 226, n. 1, p. 497-509, . ISSN 0021-9258.
- Futuyma, D. J. (2005). *Evolutionary Biology* (Sinauer Associates).
- Garbuz, D. G., Zatssepina, O. G., Przhiboro, A. A., Yushenova, I., Guzhova, I. V., and Evgen'ev, M. B. (2008). Larvae of related Diptera species from thermally contrasting habitats exhibit continuous up-regulation of heat shock proteins and high thermotolerance. *Molecular Ecology* 17, 4763-4777.
- Garland, T., Huey, R. B. & Bennett, A. F. 1991 Phylogeny and coadaptation of thermal physiology in lizards: a reanalysis. *Evolution* 45, 1969–1975. (doi:10.2307/2409846)
- Gaston, K.J, Chown, S.L, Calosi, P, Bernardo, J, Bilton D.T, Clarke, A, Clusella-Trullas, S, Ghalambor Konarzewski, C.K. (2009). Macrophysiology: A conceptual reunification *The American Naturalist*, Vol. 174, No. 5 (Nov., 2009), pp. 595-612.

- Ghalambor, C, Huey, R.B, Martin, P.R, Tewksbury, J.J, e Wang, G. (2006). Are mountain passes higher in the tropics? Janzen's hypothesis revisited. *Integr Comp Biol* 46:5–17.
- Hazel, J.R. (1984). Effects of temperature on the structure and metabolism of cell membranes in fish. *Am. J. Physiol.* 246, 460–470.
- Helmuth, B., J. G. Kingsolver, and E. Carrington. 2005. Biophysics, physiological ecology and climate change: Does mechanism matter? *Annual Review of Physiology* 67: 177–201.
- Hochachka, P.W, e Somero, G.N. (2002). *Biochemical adaptation: mechanism and process in physiological evolution*. Published by Oxford University Press, Inc.
- Huey R.B. and A.F. Bennett. (1987). Phylogenetic studies of coadaptation: preferred temperatures versus optimal performance temperatures of lizards. *Evolution* 41:1098–1115.
- IPCC. (2007). *Climate Change (2007): The Physical Science Basis*. Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC (Cambridge Univ Press, Cambridge, UK).
- Janzen, D.H. (1967). Why mountain passes are higher in tropics. *Am Nat* 101:233–249.
- Jumbam, K. R, S. Jackson, Terblanche, J.S, McGeoch, M.A, e Chown, S.L. (2008). Acclimation effects on critical and lethal thermal limits of workers of the Argentine ant, *Linepithema humile*. *Journal of Insect Physiology*, v.54, n.6, Jun, p.1008-1014.
- Karban, R. e S. Y. Strauss. (2004). Physiological tolerance, climate change, and a northward range shift in the spittlebug, *Philaenus spumarius*. *Ecological Entomology*, v.29, n.2, Apr, p.251-254.
- Kitson, A., Ahmed, L. B., Harvey, G., Seers, K. and Thompson, D. R. (1996), From research to practice: one organizational model for promoting research-based practice. *Journal of Advanced Nursing*, 23: 430–440.
- LeMieux J, Woody S, Camilli A (2008) Roles of the sortases of *Streptococcus pneumoniae* in assembly of the RlrA pilus. *J Bacteriol* 190: 6002–6013.
- Lemieux, H, Blier P. e Tardif, J. (2008). Does membrane fatty acid composition modulate mitochondrial functions and their thermal sensitivities? *Comparative Biochemistry and Physiology a-Molecular & Integrative Physiology* 149:20-29.
- Lutterschmidt, W. I, e Hutchison, V. H. (1997). The critical thermal maximum: history and critique. *Can. J. Zool.* 75, 1561–1574.

- Marengo, J. A. (2007). Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade. Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Ministério do Meio Ambiente.
- Marengo, J.A. e Camargo, C.C.(2008). Surface air temperature trends in Southern Brazil 1960- 2002. *Int. J. Climatol.* 28: 893–904 (2008)DOI: 10.1002/joc
- Navas, C. A., Antoniazzi, M. M., Carvalho, J. E., Suzuki, H., and Jared, C. (2007). Physiological basis for diurnal activity in dispersing juvenile *Bufo granulatus* in the Caatinga, a Brazilian semi-arid environment. *Comparative biochemistry and physiology Part A Molecular integrative physiology* 147, 647-657.
- Overgaard, J, Tomcala, A, Sorensen, J. G, Holmstrup, M, Krogh, P. H, Simek, P. e Kostal, V. (2008). Effects of acclimation temperature on thermal tolerance and membrane phospholipid composition in the fruit fly *Drosophila melanogaster*. *Journal of Insect Physiology*, 54, 619-629.
- Oyama, M. D., e Nobre, C. A. (2003). A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America. *Geophysical Research Letters* 30, 10-13.
- Parmesan, C, e Yohe, G. A. (2003). Globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421:37– 42.
- Parmesan, C. (2006). Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 37: 637–669.
- Parrish, C.C. (1999). Determination of total lipid, lipid classes, and fatty acids in aquatic samples. In: Arts MT, Wainman BC (eds) *Lipids in freshwater ecosystems*. Springer-Verlag, New York, pp 4±20.
- Por, F.D, Imperatriz-Fonseca, V.R, e Neto, F.L. (2005). *Biomass do Brasil: Uma historia natural ilustrada*. Pensoft Publisher. Sofia. Bulgária.
- Portner, H. O. (2001). Climate change and temperature dependent biogeography: oxygen limitation of thermal tolerance in animals. *Naturwissenschaften* 88, 137–146. (doi:10.1007/s001140100216)
- Root, T.L, Price, J.T, Hall, K.R, Schneider, S.H, Rosenzweig, C. e Pounds, J.A.(2003). Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature* 421:57– 60.
- Sala, O.E, Chapin, F.S, Armesto, J.J, Berlow, E, Bloomfield, J, Dirzo, R Huber-Sanwald, E, Huenneke, L.F, Jackson, R.B, Kinzig, A, Leemans, R, Lodge, D.M, Mooney, H.A, Oesterheld, M, Poff, N.L, Sykes, M,T, Walker, B,H, Walker, M, Wall, D.H. . (2000). Biodiversity: Global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287:1770-1774.
- Salati, E. (1991). Possible climatic impacts of tropical deforestation. *climatic change* 19:177-196.

- Salazar, L. F., C. A. Nobre, and M. D. Oyama (2007), Climate change consequences on the biome distribution in tropical South America, *Geophys. Res. Lett.*, 34, L09708, doi:10.1029/2007GL029695.
- Sampaio, M A. Mudanças climáticas atmosféricas (2008). In *Biologia & mudanças climáticas no brasil*. Editor M Buckeridge. Rima 2008.
- Somero, G. N. (2005). Linking biogeography to physiology: evolutionary and acclimatory adjustments of thermal limits. *Front. Zool.* 2, 1. (doi:10.1186/1742-9994-2-1)
- Somero, G.N. (1995). Proteins and temperature. *Annu. Rev. Physiol.* 57, 43–68.
- Stillman, J. H., and Somero, G. N. (2000). A comparative analysis of the upper thermal tolerance limits of eastern Pacific porcelain crabs, genus *Petrolisthes*: influences of latitude, vertical zonation, acclimation, and phylogeny. *Physiological and biochemical zoology* PBZ 73, 200-208
- Sunday, J.M, Bates A.E, e Dulvy, N.K. (2010). Global analysis of thermal tolerance and latitude in ectotherms. *Proc. R. Soc. B* published online 24 November 2010.
- Terblanche, J. S, Clusella-Trullas, S, Deere, J. A. e Chown, S. L. (2008). Thermal tolerance in a south-east African population of the tsetse fly *Glossina pallidipes* (Diptera, Glossinidae): implications for forecasting climate change impacts. *J. Insect Physiol.* 54, 114–127.
- Thomas, C, Cameron, A, Green, R, Bakkenes, M, Beumont, L, Collingham, Y, Erasmus, B, De Siqueira, M, Grainger, A, Hannah, L, Hughes, L, Huntley, B, Van Jaarsveld, A, Midgley, G, Miles, L, Orotega-Huerta, M, Peterson, A, Phillips, O. e Williams, S. (2004). Extinction risk from climate change. *Nature*, 427, 145-148.
- van Berkum, F. H. (1988). Latitudinal patterns of the thermal sensitivity of sprint speed in lizards. *Am. Nat.* 132, 327–343.
- Vannier, G. (1994). The thermobiological limits of somefreezing tolerant insects: the supercooling and thermostupor points. *Acta Oecol.* 15, 31–42.
- Wikelski, M. and S. J. Cooke. (2006). Conservation physiology. *Trends in Ecology and Evolution* 21: 38–46.
- Wilson, E.O. (1992). *The Diversity of Life* (Harvard Univ Press, Cambridge, MA).