**UMA INVESTIGAÇÃO GLOBAL SOBRE O CONFORTO EM RELAÇÃO AO CLIMA**

**Resumo**

A busca pelo conforto climático no ambiente, influenciando bem-estar humano e produtividade, pode se dar pela climatização artificial de ambientes fechados, mas gera impactos ambientais e uma artificialização da experiência de vida humana. Neste projeto, busca-se pensar sobre quais seriam os lugares do mundo com melhor conforto climático natural, ao ar livre. Será realizada uma pesquisa de abrangência global para avaliar como as pessoas se sentem confortáveis em relação à umidade relativa do ar, à temperatura percebida e à radiação solar onde vivem. A partir dos resultados, serão criados indicadores de conforto climático. Esses indicadores serão utilizados para mapear o conforto climático em escala global. Os resultados são discutidos frente à distribuição espacial da população atual e os cenários passados, atuais e futuros de dinâmicas demográficas e climáticas.

1. **Introdução**
   1. ***Conforto climático***

Para os fins deste projeto, diferencia-se “conforto térmico” para a sensação de bem ou mal-estar referente a frio e calor, e que contribui para a percepção mais ampla de “conforto climático”, o qual incorpora também a percepção de bem ou mal-estar quanto à umidade e à iluminação solar. O conforto climático pode ser conceituado como um estado em que um indivíduo não tem vontade de mudar sua interação sensorial com o meio (ISO-7730, 2005; Martini et al., 2013). Consequentemente, a neutralidade climática é um ideal de satisfação, comodidade e adequação, pois colabora para a eficiência na realização de atividades inerentes ao indivíduo (ISO-7730, 2005; Corbella e Yannas, 2009; ASHRAE-55, 2013; Martini et al., 2013). O conforto climático envolve aspectos fisiológicos, psicológicos e do ambiente no qual o ocupante está inserido, que pode se dar no interior de edificações ou em seu exterior.

Três elementos principais conformam as relações bioclimáticas: o meio, o ser humano e a envolvente, os quais se inter-relacionam por meio dos princípios da transmissão de calor e umidade (Rivero, 1985). Como o ser humano realiza trocas térmicas para manter seu equilíbrio com o meio, sua percepção térmica é diretamente influenciada pelos elementos do clima e pelas características da envolvente, e que podem propiciar maior ou menor dissipação de calor (Romero, 2000). Dessa forma, para a avaliação do conforto climático nos ambientes interiores e exteriores, torna-se imprescindível compreender e analisar as variáveis do clima. A temperatura do ar, a radiação solar o movimento (velocidade) do ar e a umidade relativa do ar são quatro variáveis significativas que influenciam o conforto climático e podem ser mensuradas.

A maior parte dos estudos sobre conforto em relação ao clima aborda o conforto térmico, e usa as variáveis de umidade, vento e radiação solar (como temperatura radiante) como influenciadoras da temperatura percebida (a qual é diferente da temperatura real) (Staiger et al., 2012). Neste projeto, além de considerar esses efeitos indiretos sobre a temperatura percebida, também será considerada a influência que a umidade e a iluminação solar acarretam diretamente no conforto das pessoas. Por exemplo, o excesso ou a falta de umidade pode causar alergias e irritações nos olhos, vias respiratórias e pele (WHO, 1988; EPA, 2012).

No que diz respeito à iluminação solar, de acordo com Wirz-Justice (2018), a vida evoluiu em um planeta sujeito a um padrão complexo de luz e escuridão em constante mudança, que depende da latitude, estação e hora do dia, é dinâmico em seu perfil espectral e abrange nove unidades de registro de intensidade de luz, desde a luz das estrelas à luz do sol no céu ao meio-dia. Os seres humanos mantêm respostas neurobiológicas aos ciclos circadianos diurnos e noturnos e mudanças sazonais no comprimento do dia, mesmo apresentando um estilo de vida geralmente independente do nascer e pôr do sol. A sazonalidade foi documentada em várias funções, do humor aos hormônios e à expressão gênica. Salienta ainda que a luz do dia influencia em quase todos os aspectos da fisiologia humana: entrada ocular visual e não visual para o funcionamento do círculo circadiano (período de cerca de 24 horas sobre o qual se baseia o ciclo biológico de quase todos os seres vivos, variando em função da luz) e absorção direta da pele (há a necessidade de alguma luz UV na pele para a síntese de vitamina D, mas não em excesso, tendo em vista o seu potencial para melanoma).

De acordo com Melrose (2015), com menos exposição ao ar livre e à luz solar na pele, durante o inverno, as pessoas podem ter um tipo de depressão (Transtorno Afetivo Sazonal) por produzir menos vitamina D, como se acredita que a vitamina D desempenha um papel na atividade da serotonina, a deficiência e a insuficiência da mesma foram associadas a sintomas depressivos clinicamente significativos. Em relação à radiação solar Fell et al., (2014) afirma que o contato com a luz solar faz com que o corpo produza endorfina. Ainda em relação às mudanças sazonais, Moulin et al. (1996) e Rosenthal et al. (1984) descrevem o Transtorno Afetivo Sazonal (Seasonal affective disorder - SAD), caracterizada por uma depressão recorrente no inverno.

Os índices de conforto climático foram desenvolvidos inicialmente para ambientes internos, para cálculo de instalação e operação de equipamentos de climatização (Enescu, 2017). Gradualmente, algumas experiências passaram a adaptar esses índices para ambientes externos, para planejamento microclimático de construções com áreas externas (Honjo, 2009). Progressivamente, esses índices também passaram a ser incorporados para análise de planejamento urbano, em escalas mais amplas (Qaid et al., 2016).

Esses índices de conforto se desenvolveram baseados em medições microclimáticas pontuais com equipamentos especializados. Contudo, para o mapeamento de áreas em escala urbana ou mais ampla (regional ou global), o maior desafio é adaptar esses índices para as variáveis climáticas disponíveis nessas escalas. Algumas iniciativas realizaram o cálculo pontual para medições em estações climatológicas, e em seguida interpolaram os dados para a escala urbana (Topay, 2013). Todavia, com a crescente disponibilidade de dados climatológicos globais, abrem-se possibilidades para o mapeamento global de conforto climático. Por exemplo, Di Napoli et al. (2021) mapearam em escala global o UTCI (Universal Thermal Comfort Index) (McGregor, 2012) usando dados da plataforma ERA-5. Todavia, o UTCI é dado em graus celsius, analogamente a uma “temperatura percebida”, e indica o stress fisiológico baseado em experimentos de laboratório, mas não necessariamente o grau de conforto subjetivo das pessoas. Além disso, o UTCI tem como base em um modelo padrão de vestimenta, metabolismo e atividade humana, não levando em consideração adaptações culturais, aclimatização e expectativas subjetivas em relação ao clima em cada local (Krüger et al., 2021). O Global Outdoor Comfort Index (GOCI) (Golasi et al., 2018) procurou contornar essas limitações, mas até o momento só foi calibrado para 29 cidades ao redor do mundo, e não gerou um mapeamento contínuo em escala global. Até onde vai o conhecimento dos autores, ainda não há estudos publicados em escala para mapeamento em escala global do conforto especificamente relacionado à umidade e à iluminação solar.

***1.2 Clima, bem estar, mobilidade e meio ambiente***

Com o notável desenvolvimento dos meios de transporte e comunicação nas últimas décadas, crescem também as possibilidades de mobilidade, seja em nível nacional ou internacional. Esse fenômeno tem sido denominado como “Encolhimento do Mundo”, ou “Convergência Espaço-Temporal” (JANELLE, 1973). Tem sido possível viajar, transportar e se comunicar de modo cada vez mais rápido, com acessibilidade crescente à população de modo geral, embora de maneira desigual para os diferentes níveis socioeconômicos (Allen e Hamnett, 1995). Serviços à distância, relacionados a entretenimento, educação, comércio, saúde, entre outros, também flexibilizam cada vez mais as escolhas locacionais de residência e trabalho.

Um contexto social cada vez mais comum para a mobilidade de residência se refere aos retiros pós-aposentadoria. É crescente o número de pessoas que escolhe mudar para uma região que consideram de clima mais agradável (entre outros fatores de escolha, tais como custo de vida), após aposentarem-se (Rappaport, 2007). Outros contextos sociais, tais como home-office (trabalho em casa, com recursos à distância) e terceirização internacional também têm se tornado cada vez mais comuns, propiciando maior flexibilidade de escolha locacional de residência e trabalho (Trudel, 2009) que, em um contexto de empresas multinacionais, têm levado a uma reflexão sobre a gestão internacional de recursos humanos (William e Hall, 2003). Pesquisas têm demonstrado que o conforto climático influencia significativamente no comportamento, emoções e produtividade do ser humano (Schellen et al., 2010; Noelke et al., 2016).

Do ponto de vista do planejamento da ocupação territorial, o aumento das possibilidades de mobilidade nacional e internacional também apresentam perspectivas de interesse. Do ponto de vista da sustentabilidade, a ocupação de áreas com maior conforto climático diminuiria a pegada ecológica referente à climatização artificial de ambientes (aquecimento, ar condicionado, umidificadores, desumidificadores e iluminação). Esse aspecto apresenta alta relevância, pois a climatização de ambientes é considerada como a principal atividade emissora de gases de efeito estufa em áreas urbanas de países desenvolvidos, e a segunda (após os transportes) nas cidades de países em desenvolvimento (com tendência de curto prazo de se tornar a primeira) (HORNWEG et al., 2011).

Não se deixa de reconhecer que as escolhas humanas de migração levam em conta outros fatores, tais como segurança, oportunidades econômicas e de educação. Todavia, devido à progressiva tendência de contração-espaço tempo, considera-se que tais benefícios e serviços estarão cada vez mais disponíveis em escala global, dependendo muito mais do nível socioeconômico do que da localização espacial no planeta (Kirsch, 1995).

Também não se desconsidera que o desenvolvimento sócio-técnico-econômico leva à tendência de uma disseminação cada vez mais acessível da climatização interna de ambientes, facilitando a vida humana em climas extremos, porém trazendo como contraparte o impacto socioambiental do consumo de energia e seus consequentes efeitos no esgotamento de recursos naturais, poluição e emissão de gases de efeito estufa. Ademais, o direcionamento da vida humana para ambientes climatizados internos levaria a uma tendência de artificialização da experiência humana e restrição da fruição prazerosa por atividades em ambientes naturais (Vasconcelos, 2011).

1. **Objetivos**

A crescente disponibilidade de bases de dados espaciais globais permite, nesse intuito, que análises regionais sobre migração e ordenamento territorial possam ser discutidas em escalas mais amplas (LI et al., 2016). Nesse contexto, o objetivo geral deste projeto é propiciar uma investigação sobre como o conforto climáticos se diferencia em diferentes regiões no mundo, e como isso se reflete nas tendências e as possibilidades das dinâmicas demográficas. Os objetivos específicos são de compreender melhor os critérios pelos quais as pessoas entendem o que seria um lugar com clima confortável para se morar, dentro do contexto do projeto de pesquisa.

1. **Material e métodos**

De forma a compor uma medida quantitativa do melhor lugar para morar, serão construídos 3 indicadores de conforto térmico, umidade do ar e de iluminação (relativo à radiação solar). Para entender as relações entre as variáveis climáticas e o respectivo conforto climático, será realizada uma pesquisa, predominantemente em meio online, e complementarmente de forma telefônica. Previamente, será solicitada autorização para pesquisa com entrevistas no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do ABC. O formulário de pesquisa será traduzido para português, inglês, espanhol, e serão procurados entrevistados em diversos lugares do mundo, procurando-se explicitamente diversificar o máximo possível a latitude de moradia e balancear o sexo e a idade dos respondentes. O texto preliminar ao aceite de participação na entrevista será o mesmo para os diversos formatos de entrevista (formulário ou telefone).

O principal meio de divulgação do formulário de pesquisa será por redes sociais (Facebook, Linkedin, Instagram, Twitter, Weibo, Xing, V Kontakte, e OK.ru) e de diretórios de grupos online (Google Groups, Freelists, Groups.io). Serão buscados grupos sociais específicos em temas com maior probabilidade de resposta qualificada do formulário, por meio de busca de palavras chaves tais como Clima, Tempo, Climatologia, Meteorologia, Meio Ambiente, Geografia, Ciência Cidadã, entre outros.

Tem-se como objetivo conseguir respondentes de cada país do mundo, para contemplar a diversidade climática e sociocultural. Em países com grande diversidade climática interna, tais como Brasil, Estados Unidos, Austrália, China e Chile, serão buscados respondentes em regiões climáticas distintas dentro desses países. Também serão buscados respondentes em localidades específicas no mundo que apresentem extremos climáticos (Quadro 1-A) ou combinações singulares de atributos climáticos (Quadro 1-B). Também serão buscadas localidades que figuram em rankings de melhor clima para fins de migração pós-aposentadoria e para turismo (Quadro 1-C). Serão incluídas as localidades dos primeiros fósseis encontrados da espécie Homo sapiens (nordeste da África), bem como localidades nas primeiras rotas migratórias da espécie humana (costa norte mediterrânea da África e costa sul do oriente médio), de forma a refletir sobre o clima nas áreas originárias da espécie humana, mesmo com a ressalva de que os padrões climáticos das regiões terrestres podem ter tido diversas mudanças ao longo das dezenas de milhares de anos.

|  |
| --- |
| Quadro 1 – Locais de interesse específico para conforto climático:    A: Localidades com extremos climáticos   * Mais secas: Deserto do Atacama (Chile), Antofagasta (Chile), Aswan (Egito). * Mais úmidas: Mawsynram e Cerrapunii (Índia). * Maiores latitudes (frio e pouca iluminação solar): Helsinki (Finlândia), Ny-Alesund (Noruega), Yakustki (Siberia, Rússia), Dikson (Rússia), Tórshavn (Faroe Islands), Anchorage (Alaska, Estados Unidos), Reykjavik (Islândia), Usuaia (Argentina). * Quente: Assab (Eritreia) * Maior radiação solar: Yuma (Estados Unidos), Dongola (Sudão), Deserto do Atacama, Deserto do Sahara em Niger. * Alta quantidade de nuvens: Chongqing (China), Malabo (Guinea Equatorial), Lima (Peru), Taipei (Taiwan), Edinburg (Reino Unido). * Localidades com extremos climáticos no Brasil:   + Mais quentes: Jaguaruna e Barbária (Ceará); Esperantina, Valença do Piauí, Picos e Piripiri (Piauí).   + Mais fria: Urupema (Santa Catarina)   + Mais seca: Cabaceiras (Paraíba)   + Mais úmida: Calçoene (Amapá).   + Menor radiação solar: São Joaquim (Santa Catarina).   + Maior radiação solar: Floriano (Piauí) e Petrolina (Pernambuco).   B - Combinações climáticas singulares:   * Maior altitude: La Paz (Bolívia) * Savana de altitude com pântanos (Uganda) * Cadeias de montanhas: Andes, Himalaia, Karakoram, Hindu Kush, Alaska Range * Cidade mais próxima da linha do equador: Quito (Ecuador) * Desertos de altitude: Tibet (China), Nevada (Estados Unidos), Salar de Uyuni (Bolívia), Skardu (Paquistão)   C – Localidades presentes nos rankings de melhor clima para fins de migração pós-aposentadoria e turismo1: Medellin (Colômbia), Loja (Ecuador), Sidney (Austrália), Málaga (Espanha), Ilhas Canárias (Espanha), São Paulo (Brasil), Nice (França), San Diego (USA), Santa Barbara (EUA), Oahu (Hawai, EUA), Kunming (China), Dubai (Emirados Árabes), Mombasa (Kenya), San Jose (Costa Rica), Stellenbosch (África do Sul) |
| 1 – Conforme as seguintes fontes:  https://blog.zoomproperty.com/cities-with-the-best-weather-in-the-world/  https://thestrongtraveller.com/2018/07/13/top-10-best-weather-places-in-the-world/  https://themysteriousworld.com/cities-with-best-weather-year-round/  https://www.forbes.com/sites/petertaylor/2016/10/31/winteriscoming-guess-where-the-weather-is-75-degrees-and-sunny-all-year-long/  https://www.touristmaker.com/blog/what-are-the-places-with-the-best-climate-in-the-world/ |

Tendo em vista que o formulário não estará disponível na língua oficial de todos os países, serão buscados grupos específicos de estrangeiros falantes de Inglês, Português e Espanhol em cada país. A diversidade de idades será buscada em três faixas (menor que 30 anos, 30 a 60 anos, e acima de 60 anos) e serão buscados grupos sociais específicos que representem maior predominância nessas faixas de idade. Durante o projeto de pesquisa, também serão buscadas colaborações com outros pesquisadores, de forma a ampliar a divulgação da pesquisa.

O objetivo geral da pesquisa é avaliar como as pessoas se sentem confortáveis com o clima ao ar livre onde vivem. Os entrevistados responderão informando pesos em uma escala de 7 pontos, baseado no modelo do índice PMV (voto médio estimado) (Fanger, 1970) a um conjunto de perguntas, na forma disposta no Quadro 2.

**Quadro 2 – Formato do formulário de pesquisa**

Bem vindo à pesquisa “Uma investigação global do conforto em relação ao clima”.

Este questionário também se encontra disponível nas seguintes línguas: English / Español / Português.

O objetivo desta pesquisa é avaliar como as pessoas se sentem confortáveis ou não em relação ao clima onde vivem. A pesquisa abaixo deve levar menos 1 minuto para responder, e os resultados da pesquisa serão totalmente anônimos. Se preferir, você pode informar seu contato ao fim da entrevista para receber os resultados finais da pesquisa. A pesquisa é voluntária, não envolve pagamentos, e também não há riscos envolvidos. A pesquisa é conduzida pela Universidade Federal do ABC, Universidade Federal da Integração Latino-Americana e pela Universidade de Roma, e é coordenada pela pesquisadora ........., e-mail ......, telefone ....... A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética e Pesquisa da Universidade Federal do ABC, e questionamentos a ela podem ser dirigidos ao e-mail .........

*Ao responder o questionário a seguir, você concorda, de forma voluntária e com base nas informações acima, que seus dados sejam utilizados de forma anônima para esta pesquisa.* Posteriormente, você pode entrar em contato com a pesquisadora responsável e solicitar que seus dados não sejam mais utilizados.

1) Qual é sua idade?

2) Qual é seu sexo biológico?

3) Em que país, estado e cidade você mora?

4) Há quanto tempo você vive nesse lugar?

5)Qual é o mês do ano em que você se sente mais confortável em relação ao clima ao ar livre (fora de casa e de edifícios) onde você vive?

6) Em relação ao mês de informado na pergunta anterior, responda o quão confortável você se sente em relação às seguintes características do clima ao ar livre, onde você vive:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Com muito frio | Com  frio | Levemente com frio | Totalmente confortável | Levemente com calor | Com calor | Com muito calor |
| Temperatura |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Muito úmido | Úmido | Levemente úmido | Totalmente confortável | Levemente seco | Seco | Muito seco |
| Umidade do ar |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Muita falta de claridade | Falta de claridade | Leve falta de claridade | Totalmente confortável | Leve excesso de claridade | Moderado excesso de claridade | Muito excesso de claridade |
| Iluminação pelo sol |  |  |  |  |  |  |  |

7) Qual é o mês do ano em que você se sente menos confortável em relação ao clima ao ar livre onde você vive?

8) Em relação ao mês respondido na pergunta anterior, responda o quão confortável você se sente em relação às seguintes características do clima ao ar livre, onde você vive (assinale com um x):

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Com muito frio | Com  frio | Levemente com frio | Totalmente confortável | Levemente com calor | Com calor | Com muito calor |
| Temperatura |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Muito úmido | Úmido | Levemente úmido | Totalmente confortável | Levemente seco | Seco | Muito seco |
| Umidade do ar |  |  |  |  |  |  |  |
|  | Muita falta de claridade | Falta de claridade | Leve falta de claridade | Totalmente confortável | Leve excesso de claridade | Moderado excesso de claridade | Muito excesso de claridade |
| Iluminação pelo sol |  |  |  |  |  |  |  |

9) Com base nas suas respostas anteriores, distribua pesos de 0 (nada importante) a 10 (extremamente importante) para as seguintes características para o seu conforto geral em relação ao seu conforto em relação ao clima ao ar livre onde vive.

- Temperatura:

- Umidade do ar:

- Iluminação pelo sol:

10) Você gostaria de receber os resultados finais da pesquisa? Caso positivo, informe o seu e-mail.

( ) Sim. E-mail:

( ) Não

Obrigado por participar!

Estamos procurando colaboradores para tradução, disseminação dos resultados e análise dos dados, em diferentes línguas e regiões do mundo. Caso tenha interesse em colaborar, por gentileza entre em contato com o e-mail ........, ou telefone ........

Com base nas respostas escalonadas, será levantada a Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PPD), por meio da equação 1 (Fanger, 1970):

|  |  |
| --- | --- |
|  | Equação (1) |

As respostas obtidas serão mapeadas com base nas coordenadas geográficas de cada cidade. Serão calculados índices de conforto médio para os três atributos (temperatura, umidade e iluminação) com base nas respostas obtidas, reponderando com base na proporção da população estratificada por cada grupo (sexo, idade e faixas de latitude) em razão da distribuição da população existente no mundo. Também serão exploradas interações entre as diferentes variáveis climáticas em relação ao conforto climático das variáveis de resposta.

Tabela 1 – Bases de dados climáticos a serem utilizados

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Base de dados** | **Resolução Espacial** | **Fonte** |
| Temperatura (média mensal, máxima anual, mínima anual), vento, radiação solar | 1km2 | Worldclim (FICK e HIJMANS, 2017) |
| Umidade relativa do ar | 18km2 (10’) | Climond (Kriticos et al., 2014) |

Serão calculados índices de conforto médio para os três atributos (temperatura, umidade e iluminação) com base nas respostas obtidas, reponderando com base na proporção da população estratificada por cada grupo (sexo, idade e faixas de latitude) em razão da distribuição da população existente no mundo. Para o cálculo dos índices de conforto, serão utilizados 3 modelos generalizados aditivos de efeitos mistos, um para as respostas de conforto em relação a cada atributo mensurado (temperatura, umidade e iluminação), usando como possíveis variáveis explicativas os dados climáticos da Tabela 1 existentes para o determinado mês e localização. Modelos generalizado aditivos são bastante utilizados na ecologia para modelar a adequação de espécies a gradientes de características ambientais (Guisan et al., 2002), e neste projeto será utilizada a essa abordagem para a espécie humana, como proposto por Charalampopoulos (2019). Os dados de latitude, longitude, elevação, e as médias, máximas e mínimas anuais de cada atributo climático serão avaliados como possibilidades para inclusão no modelo, para considerar a capacidade de adaptação das pessoas aos climas locais, conforme proposto por Golasi et al. (2018). Também serão exploradas interações entre as diferentes variáveis climáticas em relação ao conforto climático das variáveis de resposta. Como há duas perguntas para cada respondente, será incluído um efeito aleatório de intercepto variável para cada pessoa no modelo, de forma a evitar efeitos de pseudo-replicação. Serão testadas outras opções de efeitos aleatórios aninhados, correspondendo ao país, estado/província e município, de forma a levar em consideração diferenças culturais entre cada região geográfica e controlar efeitos de autocorrelação espacial. Para a etapa de modelagem, serão utilizados os pacotes mgcv (Wood, 2017) e brms (Bürkner, 2018), e será utilizada a família de distribuição categórica ordenada, tendo em vista que as variáveis dependentes são ordinais no questionário.

Tabela 1 – Bases de dados climáticos a serem utilizados

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Base de dados** | **Resolução Espacial** | **Fonte** |
| Temperatura do ar, velocidade do vento, radiação solar | 0.1º | Era5-Land (Muños Sabater, 2019) |
| Temperatura radiante média | 0.25º | Era5-Heat (Di Napoli et al., 2021) |
| Umidade relativa do ar | 0.25º | Era5 Essential climate variables (ECMWF, 2021b) |
| Cobertura de nuvens | 0.25º | Era5-Single levels (Hersbach et al., 2019) |

Os resultados serão avaliados por estratégias de validação interna e externa. No que tange à validação interna, será utilizada a técnica de validação cruzada, em que o modelo é repetido diversas vezes usando distintas partes dos dados disponíveis, e validado com o restante dos dados não utilizados para modelagem. O pacote mgcv (Wood, 2017) emprega essas técnicas para ajustar o nível de suavização e complexidade das relações não lineares dos modelos generalizados aditivos, de forma a evitar o sobreajustamento (overfitting), ou seja, diminui o risco de que o modelo se ajuste bem aos dados usados na modelagem, mas não se ajuste bem aos dados sequentes de validação. Nas relações estatísticas em que se supor a existência de uma relação monotônica (ou seja, que o aumento na variável explicativa corresponda sempre a um aumento, ou sempre em diminuição, da variável explicada, por exemplo, que a temperatura média no nível “levemente com calor” seja menor do que a do nível “com muito calor”), essas restrições também serão incluídas nos modelos generalizados aditivos, também como forma a evitar o sobreajustamento (overfitting) aos dados e assegurar a coerência do modelo.

Como estratégia de validação externa, os resultados dos modelos obtidos serão comparados com recomendações de estudos anteriores quanto padrões de conforto de temperatura ao ar livre, umidade e claridade. Para os indicadores de conforto de temperatura, será calculado o nível de correlação, e seu respectivo valor-p, entre os valores dos pixels dos mapas em formato raster resultantes desse projeto e dos índices UTCI (McGregor, 2012) e GOCI (Golasi et al. 2018). Para os valores de umidade, será sumarizada e testada a diferença entre as médias dos níveis de conforto para os limites propostos para umidade (WHO, 1988; EPA, 2012) e claridade (Kent et al., 2009, 2014).

Conseguinte, os resultados dos modelos serão utilizados para elaboração de mapas de conforto climático com base nos dados da tabela 1. Os mapas serão visualizados separadamente e por meio de geovisualização trivariada em composição RGB (Red-Green-Blue).

Com base na ponderação da pergunta 9 do Quadro 1, os indicadores para as três variáveis básicas climáticas (temperatura, umidade e iluminação solar) serão unificados em um índice geral de conforto climático, que também será mapeado. Para tanto, os pesos informados para cada uma das três variáveis serão transformados em proporções (cuja soma corresponde a 100%). Por exemplo, uma resposta de uma pessoa que atribuiu peso 10 para temperatura, 6 para umidade e 4 para iluminação geraria as respectivas proporções de 50%, 30% e 20%, respectivamente, para essas três características. Serão desenvolvidos três modelos generalizados aditivos relacionando o peso atribuído para cada um dos indicadores, tendo como variáveis explicativas as médias, mínimas e máximas anuais dos dados climáticos relacionados (temperatura, umidade e radiação), além de outras variáveis climáticas potencialmente relacionadas (cobertura de nuvens e vento, por exemplo). Por meio desses modelos, serão mapeados os pesos estimados para cada um dos 3 indicadores em cada lugar do mundo. Esses modelos também utilizarão as técnicas de validação cruzada para evitar o sobreajustamento das relações não lineares, bem como os ajustes para garantir as relações monotônicas.

O mapa final com o indicador final de conforto climático será comparado com o mapa de distribuição da população global e seus cenários tendenciais futuros propostos por Jones e O’Neil (2016) de forma a analisar a diferença entre o atual e o ideal de ocupação, em relação às suas implicações para eficácia de conforto climático e desenvolvimento sustentável no planeta. Para tanto, serão feitos mapas de visualização bivariada, conforme propostos por Brown (2020), comparando o nível de conforto climático com a densidade demográfica. Os resultados também serão discutidos frente às tendências de mudanças climáticas apresentadas pelo IPCC (2013).

***3.1 Resultados esperados e limitações***

Os mapas com os resultados de cada um dos temas (conforto térmico, conforto relativo a umidade, conforto relativo à iluminação pelo sol), quando analisados em conjunto como índice geral, apresentarão as potencialidades e restrições de cada região do planeta. Espera-se que os resultados instiguem reflexões sobre a perspectiva das abordagens discutidas no corpo deste projeto, tais como contração-espaço tempo, migrações, desenvolvimento sustentável e planejamento territorial em escala global.

Entende-se que os resultados apresentarão claras limitações. A primeira limitação é referente à baixa resolução espacial dos mapas, que, por exemplo, é insuficiente para o mapeamento de ilhas e penínsulas. Essa é uma limitação sensível, pois grande parte da migração internacional por aposentadoria se dirige para ilhas (LAZARIDIS et al., 1999). Outra limitação é a incerteza referente aos dados espacializados, especialmente em regiões do planeta carentes de levantamentos e monitoramento detalhados de dados ambientais e socioeconômicos.

Outra limitação da pesquisa, devido ao uso de dados climáticos globais, é resolução temporal em médias mensais, que pode mascarar variações em escala diária ou mesmo horária. Além disso, também não é possível realizar uma mensuração do conforto em relação às mudanças no tempo que possam ocorrer no instante da entrevista, como normalmente é realizado em pesquisas de conforto térmico em escala intra-urbana ou intra-edifício.

Em relação às variáveis analisadas, há diversas simplificações e pressupostos envolvidos. Por exemplo, o conforto em relação ao clima pode variar culturalmente e de acordo com a adaptação quanto a hábitos de vida da população em cada região (NICOL et al., 2012). Essas limitações serão levadas em consideração durante a análise dos resultados.

Nesse contexto, os parâmetros de conforto climático individuais como vestimenta, local de trabalho e taxa metabólica (alimentação, altura e peso), usualmente levantados em entrevistas sobre conforto térmico intra-urbano ou intra-edifício, não foram considerados nesse estudo. O objetivo desse estudo não é ter um resultado de pesquisa “instantâneo”, isto é, uma pesquisa realizada, por exemplo, na análise de conforto de pessoas que passam por determinada rua, ou em um determinado parque, ou um local de trabalho específico, onde seria possível analisar o local x a condição de cada individuo no ato das entrevistas. A pesquisa, portanto, visa uma apuração da satisfação climática aferida em relação à percepção dos padrões mensais onde cada colaborador vive.

1. ***Viabilidade do projeto e pesquisa***

Este projeto se integra a uma pesquisa envolvendo pesquisadores da Universidade Federal do ABC, da Universidade Federal de Integração Latino-Americana e da Universidade de Roma Sapienza. Durante o projeto, o orientando de iniciação científica colaborará com os pesquisadores das três instituições. Em especial, o orientando de iniciação científica trabalhará em colaboração próxima com uma mestranda, e executará as atividades em conjunto. O orientando já está atuando no projeto desde 2021, como participante do programa Pesquisando Desde o Primeiro Dia (PDPD), e o corrente projeto de iniciação científica permitirá um aprofundamento de sua participação. No PDPD, o orientando participou prioritariamente da divulgação e coleta de dados, além da preparação das bases de dados espaciais climáticas. Agora, na iniciação científica, o orientando poderá se aprofundar mais nas técnicas de análise estatística e nas técnicas de Geovisualização multivariada, sempre em colaboração com as atividades da mestranda.

1. ***Cronograma completo de execução das atividades de setembro de 2022 até setembro de 2023***

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Etapas de execução** | Meses | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 1 – Revisão bibliográfica |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 – Estudo das técnicas de estatística e de análise espacial |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 – Divulgação dos formulários |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 – Análise dos resultados |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 – Estruturação da base de dados |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 - Elaboração do relatório parcial |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 - Elaboração do relatório final |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

1. **Referências:**

ALLEN, John; HAMNETT, Chris (Ed.). A shrinking world?: global unevenness and inequality. Oxford: Oxford University Press, 1995.

Bürkner P (2018). “Advanced Bayesian Multilevel Modeling with the R Package brms.” The R Journal, **10**(1), 395–411. doi: [10.32614/RJ-2018-017](https://doi.org/10.32614/RJ-2018-017).

Brown, S. C. 2020: Make a bivariate plot using raster data and ggplot2. Accessed 27 September 2020, <https://gist.github.com/scbrown86/2779137a9378df7b60afd23e0c45c188>.

Charalampopoulos, I., 2019. A comparative sensitivity analysis of human thermal comfort indices with generalized additive models. *Theoretical and Applied Climatology*, *137*(1), pp.1605-1622.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos: conforto ambiental. 2. ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009. 308p.

Di Napoli, C., Barnard, C., Prudhomme, C., Cloke, H. L., & Pappenberger, F. (2021). ERA5‐HEAT: A global gridded historical dataset of human thermal comfort indices from climate reanalysis. *Geoscience Data Journal*, *8*(1), 2-10.

Enescu, D., 2017. A review of thermal comfort models and indicators for indoor environments. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 79, pp.1353-1379.

ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts). ERA5. 2021a. Available at: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/reanalysis-datasets/era5>, access on July 25, 2021.

ECMWF. Essential Climate Variables for assessment of climate variability from 1979 to present. 2021b. Available at: <https://datastore.copernicus-climate.eu/documents/ecv-for-climate-change/PUG-ecv-for-climate-change_v3.pdf>, accessed on July 25, 2021.

EPA – Environmental Protection Agency, 2012: A Brief Guide to Mold, Moisture, and Your Home [EPA 402-K-02-003]. Access 25 Aug 2020, <https://www.epa.gov/mold/brief-guide-mold-moisture-and-your-home>.

FANGER, P. O., 1970.Thermal Comfort. Danish Technical Press, Copenhagen. Republished by McGraw-Hill Book Co., New York,1973.

FELL, G. L., ROBINSON, K. C., MAO, J., WOOLF, C. J., & FISHER, D. E. (2014). Skin β-endorphin mediates addiction to UV light. Cell. 157(7), 1527–1534. https://doi.org/10.1016/j.cell.2014.04.032

Golasi, I., F. Salata, E. L. Vollaro, and M. Coppi, 2018: Complying with the demand of standardization in outdoor thermal comfort: A first approach to the Global Outdoor Comfort Index (GOCI). Build. Environ., 130, 104-119, <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.12.021>.

Guisan, Antoine, Thomas C. Edwards Jr, and Trevor Hastie. "Generalized linear and generalized additive models in studies of species distributions: setting the scene." *Ecological modelling* 157, no. 2-3 (2002): 89-100.

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J-N. (2019): ERA5 monthly averaged data on single levels from 1979 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). (Accessed on < 25-07-2021 >), 10.24381/cds.f17050d7

Honjo, T., 2009: Thermal comfort in outdoor environment. Global Environ. Res., 13, 43-47, Accessed 25 August 2020, https://www.semanticscholar.org/paper/Thermal-Comfort-in-Outdoor-Environment-Honjo/2c806b02eebefb5f9566d09562e820f568a7cfab.

HOORNWEG, Dan et al.. Cities and climate change: An urgent agenda. The world Bank, 2011.LAZARIDIS, Gabriella; POYAGO-THEOTOKY, Joanna; KING, Russell. Islands as havens for retirement migration: finding a place in sunny Corfu. Small world, global lives: Islands and migration, p. 297-320, 1999.

Li, S., Dragicevic, S., Castro, F. A., Sester, M., Winter, S., Coltekin, A., ... & Cheng, T. (2016). Geospatial big data handling theory and methods: A review and research challenges. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 115, 119-133.

JANELLE, Donald G. Measuring human extensibility in a shrinking world. Journal of Geography, v. 72, n. 5, p. 8-15, 1973.

Jones, B. and O’Neill, B.C., 2016. Spatially explicit global population scenarios consistent with the Shared Socioeconomic Pathways. Environmental Research Letters, 11(8), p.084003.

IPCC (2013) ‘Summary for Policymakers’ in Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Online]. Available at http://www.climatechange2013.org/images/report/WG1AR5\_SPM\_FINAL.pdf (Accessed 3 March 2016).

ISO 7730. Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. 2005

Kent S.T., L. A. McClure, W. L. Crosson, D. K. Arnett, V. G. Wadley, and N. Sathiakumar, 2009: Effect of sunlight exposure on cognitive function among depressed and non-depressed participants: a REGARDS cross-sectional study. *Environ. Health*, **8**, 34, <https://doi.org/10.1186/1476-069X-8-34>.

Kent, S.T., and Coauthors, 2014a: The relationship between long-term sunlight radiation and cognitive decline in the REGARDS cohort study. *Int. J. Biometeorol*., **58**, 361-370, <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0631-5>.

KIRSCH, Scott. The incredible shrinking world? Technology and the production of space. Environment and Planning D: Society and Space, v. 13, n. 5, p. 529-555, 1995.

Martini, A., Biondi, D., Batista, A.C. and Zamproni, K., 2013. A periodicidade diária do índice de conforto térmico na arborização de ruas de Curitiba-PR. Scientia Plena, 9(5).

MCGREGOR, Glenn R. universal thermal comfort index (UTCI). **International journal of biometeorology**, v. 56, n. 3, p. 419-419, 2012.

Krüger, E. L., Callejas, I. J. A., Rosa, L. A., da Cunha, E. G., Carvalho, L., Leder, S., ... & Drach, P. (2021). Regional Adaptation of the UTCI: Comparisons Between Different Datasets in Brazil. In *Applications of the Universal Thermal Climate Index UTCI in Biometeorology* (pp. 113-135). Springer, Cham.

MELROSE, S. (2015). Seasonal Affective Disorder: An Overview of Assessment and Treatment Approaches. Depression research and treatment, 2015, 178564. https://doi.org/10.1155/2015/178564

MOLIN, J., MELLERUP, E., BOLWIG, T., SCHEIKE, T., & DAM, H. (1996). The influence of climate on development of winter depression. Journal of Affective Disorders, 37(2-3), 151–155. doi:10.1016/0165-0327(95)00090-9

Muñoz Sabater, J., (2019): ERA5-Land monthly averaged data from 1981 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS). (Accessed on < 25-07-2021 >), 10.24381/cds.68d2bb3

NOELKE, C., MCGOVERN, M., CORSI, D.J., JIMENEZ, M.P., STERN, A., WING, I.S. AND BERKMAN, L., 2016. Increasing ambient temperature reduces emotional well-being. Environmental research, 151, pp.124-129.

NICOL, Fergus; HUMPHREYS, Michael; ROAF, Susan. Adaptive thermal comfort: principles and practice. Routledge, 2012.

Qaid, A., Lamit, H.B., Ossen, D.R. and Shahminan, R.N.R., 2016. Urban heat island and thermal comfort conditions at micro-climate scale in a tropical planned city. Energy and Buildings, 133, pp.577-595.

RAPPAPORT, Jordan. Moving to nice weather. Regional Science and Urban Economics, v. 37, n. 3, p. 375-398, 2007

RIVERO, R. Arquitetura e Clima: acondicionamento térmico natural. Porto Alegre: D.C. Luzzatto Editores: Ed. da Universidade UFRGS, 1985. 240p.

ROMERO M. A. B. Princípios Bioclimáticos para o desenho urbano. 2. ed. São Paulo: ProEditores, 2000. 128p.

ROSENTHAL, N.E., SACK, D.A., GILLIN, J.C., LEWY. A.J., GOODWIN, F.K., DAVENPON, Y., MUELLER, P.S., NEWSOME, D.A. AND WEHR, T.A. (1984) Seasonal Affective Disorder. A description of the syndrome and preliminary findings with light therapy. Arch. Gen. Psychiatry 41, 72-79.

SCHELLEN, L., VAN MARKEN LICHTENBELT, W.D., LOOMANS, M.G., TOFTUM, J. and DE WIT, M.H., 2010. Differences between young adults and elderly in thermal comfort, productivity, and thermal physiology in response to a moderate temperature drift and a steady‐state condition. Indoor air, 20(4), pp.273-283.

Staiger, H., Laschewski, G. and Grätz, A., 2012. The perceived temperature–a versatile index for the assessment of the human thermal environment. Part A: scientific basics. *International journal of biometeorology*, *56*(1), pp.165-176.

Topay, M., 2013: Mapping of thermal comfort for outdoor recreation planning using GIS: the case of Isparta Province (Turkey). Turk. J. Agr. Forest., 37, 1, 110-120, https://doi.org/10.3906/tar-1204-46.

TRUDEL, Jean M. International human resources management: a new challenge. Portuguese Journal of Management Studies, v. 14, n. 2, p. 149-162, 2009.

VASCONCELOS, V.V., 2011. O profissional de meio ambiente e o contato com a natureza. Qualitas Revista Eletrônica, 11(1).

WILLIAMS, Allan M.; HALL, C. Michael. Tourism, migration, circulation and mobility: the contingencies of time and place. In: Tourism and migration. Springer Netherlands, 2002. p. 1-52.

WIRZ-JUSTICE, A. (2018). Seasonality in affective disorders. General and Comparative Endocrinology, 258, 244–249. doi:10.1016/j.ygcen.2017.07.010

Wolkoff, Peder; Kjaergaard, Søren K. (2007). "The dichotomy of relative humidity on indoor air quality". Environment International. 33 (6): 850–7. doi:10.1016/j.envint.2007.04.004

World Health Organization (WHO), 1988: Indoor air quality: biological contaminants. Report on a WHO meeting. WHO Regional Publications European Series No. 31, Regional Office for Europe Copenhagen, Accessed 25 August 2020.