



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Desenvolvimento de um Aplicativo de Avaliação do Conforto Térmico Humano para a Prática de Atividades Físicas ao Ar Livre

Valber Jones de Castro^{1,2}, José Maria Brabo Alves^{1,3}, Emerson Mariano da Silva^{1,4}

¹Mestrado profissional em Climatologia da Universidade Estadual do Ceará (UECE), ²valberjones@gmail.com, ORCID: [0009-0004-1202-4736](https://orcid.org/0009-0004-1202-4736); ³jose.brabo@uece.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6541-9855>; ⁴emerson.mariano@uece.br, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9131-9820>.

Artigo recebido em 06/08/2024 e aceito em 24/01/2025

RESUMO

Nesse estudo é apresentado um aplicativo para orientar a sociedade sobre o índice de conforto térmico calculado através das condições atmosféricas em uma determinada região que pode ser selecionada pelo usuário para a prática de atividade física ao ar livre. O aplicativo acessa e processa os valores das variáveis atmosféricas observadas (temperatura do ar ambiente, ventos a superfície e umidade relativa do ar) nas diversas plataformas de coleta de dados meteorológicos instaladas no estado do Ceará (Brasil) e previstas pelos modelos numéricos integrados na Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme) através de API (Application Programming Interface). Os resultados dos testes com os usuários em diversos dias e horários mostraram que o conceito de conforto térmico percebido está em conformidade com o atribuído pelo aplicativo, assim, 70% das respostas relativas ao uso das funções disponíveis foram classificadas como ótima e excelente. Desta forma, conclui-se que o aplicativo desenvolvido pode ser usado em outras localidades em parceria com centros e agências de Meteorologia que disponibilizem o acesso aos dados das variáveis meteorológicas observadas e previstas.

Palavras-chave: Climatologia. Conforto térmico. Atividade física. API Software.

Development of an Application to Evaluate Human Thermal Comfort for Outdoor Physical Activities

ABSTRACT

This study presents an application to guide society on the thermal comfort index calculated from the atmospheric conditions in a given region that can be selected by the user for outdoor physical activity. The application accesses and processes the values of the atmospheric variables observed (ambient air temperature, surface winds and relative humidity) on the various meteorological data collection platforms installed in the state of Ceará (Brazil) and predicted by the numerical models integrated into the Ceará Meteorology and Water Resources Foundation (Funceme) via API (Application Programming Interface). The results of the tests with users on different days and at different times showed that the concept of perceived thermal comfort is in line with that attributed by the application, so that 70% of the responses regarding the use of the available functions were classified as excellent. It can therefore be concluded that the application developed can be used in other locations in partnership with Meteorology centers and agencies that provide access to data on observed and forecast meteorological variables.

Keywords: Climatology. Thermal comfort. Physical activity. API Software.

Introdução

As preocupações com o aquecimento global ganharam ampla visibilidade a partir do ano de 1988 com a criação do Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (PIMC, 2021, 2022). Assim, as avaliações desses estudos realizados pelo PIMC indicam a

existência de evidências de que as ações humanas possuem impactos nesse aquecimento e nas mudanças climáticas globais (PIMC, 2022).

Em particular sobre o aumento da temperatura média do ar nos centros urbanos, alguns estudos associam esta variabilidade ao fenômeno microclimático denominado de Ilha de Calor Urbana (ICU), que se deve às diversas

ações antrópicas, das quais se destacam-se: A redução da vegetação e remoção de árvores para construção de imóveis, o crescimento verticalizado das construções urbanas, em particular nas regiões próximas à orla marítima, o asfaltamento das ruas e a poluição atmosférica nessas regiões (Ferreira et al., 2022; Leal e Barbosa, 2022; Martelli et al., 2023; Martelli, 2023).

Estes relatórios do PIMC também evidenciam que eventos extremos como secas, enchentes, tempestades e ondas de calor e frio tem produzido não só enormes prejuízos econômicos, mas também prejuízos as vidas humanas, e estão cada vez mais intensos e frequentes. Assim, concordando com estudos publicados na literatura científica e diante das circunstâncias apresentadas, menciona-se que se torna cada vez mais importante o desenvolvimento de ferramentas que possam orientar as pessoas a conviver com estas variabilidades e mudanças climáticas (Cavalcante, 2020).

Segundo estudos na literatura a saúde humana e em particular o conforto térmico são mais afetados pelas condições atmosféricas das regiões. Ressalta-se também, que as condições térmicas, de umidade do ar e de dispersão dos poluentes na atmosfera, dependem fortemente da direção e velocidade dos ventos, e estas têm definitivamente influência sobre a manifestação de muitas doenças, epidemias e endemias humanas (Barros et al., 2021; Xavier et al., 2021).

É importante ressaltar que a influência das variáveis atmosféricas na saúde humana apresenta-se tanto de maneira direta quanto indireta e pode ser tanto benéfica como maléfica, e que os extremos térmicos e higrométricos acentuam a debilidade do organismo humano no combate às enfermidades. Essas condições intensificam processos inflamatórios bem como propiciam o desenvolvimento de condições favoráveis para a proliferação de doenças contagiosas. Enquanto o ar fresco, com temperatura amena, umidade e radiação moderada apresentam propriedades terapêuticas (Silva e Sousa, 2022; Lucia et al., 2024).

Menciona-se também que as atividades físicas exigem condições ambientais ideais para não afetar a fisiologia da saúde humana. Quadros et al. (2021) avaliaram a relação entre o conforto

térmico de espectadores e atletas e as condições meteorológicas durante os Jogos Olímpicos no Rio de Janeiro em 2016. Dessa forma, índices de conforto térmico empírico e fisiológico foram calculados a partir de dados coletados de uma estação meteorológica automática instalada próximo ao Estádio Olímpico, além de entrevistas com os espectadores.

Os resultados deste estudo mostraram que a maioria dos entrevistados relataram sensação de desconforto térmico associadas as condições atmosféricas observadas. Os índices de conforto calculados para os atletas de alto rendimento confirmaram a sensação térmica relatada pelos expectadores. Esta situação pode ser explicada pelo aumento gradual da temperatura do ar e pela ocorrência de dois eventos climáticos significativos associados a rajadas de vento na região.

Requia et al, (2024) estudaram a relação de vários índices térmicos com incidência de mortalidades doenças respiratórias e da circulação sanguínea no Brasil e destacam a necessidade de intervenções de saúde pública direcionadas, particularmente em regiões tropicais onde altas temperaturas e humidade relativa do ar podem agravar os riscos à saúde, especialmente entre populações vulneráveis, como os idosos.

Jengezi et al. (2023) investigaram condições térmicas perigosas resultantes de mudanças climáticas quem podem desempenhar um papel no desenvolvimento de doenças cardiovasculares. Os autores usaram um índice climático térmico universal como métrica de exposição para avaliar a relação entre condições térmicas e mortalidade cardiovascular. Os resultados sugeriram que os riscos de mortalidade cardiovascular aumentaram significativamente sob estresse por calor e frio.

Kugger et al. (2022) realizaram um estudo de revisão sobre a literatura de estudos em saúde humana e suas relações com condições de variáveis atmosféricas medidas em superfície, e assim evidenciaram a carência de estudos em várias área nesta área do conhecimento, em várias regiões do país, como na Amazônia e na região Centro-Oeste.

Neste contexto, considerando a importância dos estudos que relacionam as características das variáveis atmosféricas em dado

local com as condições de saúde humana, e em particular as condições de conforto térmico, e neste caso antes e durante a realização de atividades físicas ao ar livre, este estudo teve como motivação o desenvolvimento de um software (aplicativo) que objetiva auxiliar na avaliação das condições de conforto térmico em locais selecionados para a prática de exercícios físicos ao ar livre em regiões do estado do Ceará (Brasil).

Assim, para o desenvolvimento do referido aplicativo foram usadas observações meteorológicas e de modelos numéricos atmosféricos que são usados nas rotinas de monitoramento e previsão de tempo da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme).

Em adição, também é apresentado a avaliação dos usuários do aplicativo proposto, voluntários que se mostraram preocupados com a relação entre as condições de tempo atmosférico e a saúde humana, em particular em obter orientações de horários de conforto térmico, apropriados a prática de exercícios físicos ao ar livre.

Materiais e Métodos

Para o desenvolvimento do aplicativo *Coll Thermal* foi necessário conhecer as características das variáveis atmosféricas que levam ao conforto térmico. Ressalta-se que essa condição de conforto térmico depende da capacidade de atuação do sistema termorregulador do corpo do indivíduo. Portanto, é necessário conhecer as variáveis que influenciam os processos de troca de calor do corpo com o ambiente, visto que estes fatores serão determinantes no modo e ritmo de trabalho do sistema termorregulador bem como na sensação de conforto térmico.

Quando a temperatura do ar é inferior à da pele humana a remoção de calor por convecção entre o conceito atribuído pela aplicação e o observado pelo usuário. Durante trinta dias de agosto e setembro 2019 o aplicativo foi usado como avaliação com 10 usuários com idades diferenciadas (detalhes na seção de avaliação do dispositivo).

Para a representação do conforto térmico foi considerado o Índice de Temperatura Efetiva

será maior quanto menor for a esta temperatura, e se a temperatura for superior à da pele o ar cederá calor para o corpo por convecção.

A umidade relativa do ar também é um fator fundamental no conforto térmico do indivíduo, por ter grande influência na remoção de calor por evaporação, pois a baixa umidade relativa permite que o ar seco absorva umidade da pele rapidamente e com isso promove a remoção do calor do corpo, enquanto uma condição de alta umidade relativa do ar produz um efeito contrário, aumentando a sensação de calor.

Dessa forma, além do conhecimento dessas duas variáveis atmosféricas ainda deve ser considerada a implicação da ventilação no conforto térmico. Na situação em que o ar não se encontra saturado e a temperatura do ambiente é inferior à da pele, pode-se afirmar que à medida em que a ventilação aumenta o processo de evaporação aumenta, porque a umidade do corpo é retirada mais rapidamente e quando a ventilação diminui a evaporação também diminui. Portanto, para a indicação do conforto térmico usado no aplicativo desenvolvido neste estudo utilizaram-se as seguintes variáveis: temperatura e umidade relativa do ar e velocidade e direção do vento.

Os dados das variáveis atmosféricas usados no aplicativo foram coletados nas estações meteorológicas automáticas instaladas em todo o território do Estado do Ceará, por meio de uma web servidor que dispõe da API (<http://api.funceme.br>), gentilmente cedido pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (Funceme). Os dados previstos dessas variáveis foram acessados de previsão de tempo disponíveis no site da Funceme.

A avaliação do uso do aplicativo foi realizada através de um questionário (quiz), com coleta de dados ao longo de um mês, assim, foram avaliados a experiência de uso do aplicativo, em particular as características de usabilidade, disponibilidade dos resultados e a assertividade Resultante do Efeito do Vento (TE_V) proposto por Suping et al. (1992), citado em Pallotta (2015). Este índice deriva do conceito desenvolvido por Ono e Kawamura (1991) do índice de Temperatura Efetiva (TE) com base na sensibilidade individual, que difere do TE_V por não considerar o efeito do vento (Pallotta, 2015).

Considerando que a aplicação desenvolvida deverá ser usada para avaliação do conforto térmico na execução de atividades físicas ao ar livre, é considerado neste trabalho o efeito do vento, sendo esta uma variável essencial para mensurar o índice. Assim, a seguir é mostrada a formulação matemática para o cálculo desta variável, desenvolvida por Ono e Kawamura (Equação 1), citada em Suping et al. (1992).

$$TE = Ta - 0,4(Ta - 10) \left(1 - \frac{Ur}{100} \right) \quad (1)$$

Em que TE é o índice de conforto térmico, T_a é a temperatura do ar ambiente ($^{\circ}\text{C}$) e U_r é a umidade relativa do ar (%).

Portanto, para efeito de cálculo do índice de Temperatura Efetiva será considerada a fórmula matemática mostrada na equação (2).

$$TE_v = 37 - \left[1 - \frac{37 - Ta}{0,68 - 0,0014Ur + \frac{1}{(1,76 + 1,4V^{0,475})}} \right] - 0,29Ta \left(1 - \frac{Ur}{100} \right) \quad (2)$$

Para apresentar a condição de conforto térmico em tempo real e consultar o histórico de dias anteriores foram considerados os valores das variáveis atmosféricas observadas, consultados diretamente por meio da web servidor que dispõe da API (<http://api.funceme.br>) da Funceme, conforme ilustrado na Figura 1.

Para acessar as informações em horários e dias futuros foram considerados os valores das variáveis meteorológicas consultadas em outra API que disponibilizava as informações da previsão numérica para diversas cidades realizadas na Funceme, neste caso tratava-se do modelo Regional Atmospheric Model System (RAMS -versão 6.0).



Figura 1. Diagrama de requisição dos dados para processamento pelo aplicativo.

Após a obtenção dos dados das variáveis atmosféricas, observados e previsões dos modelos numéricos atmosféricos, e dos cálculos de TE_v , são apresentados na Tabela 1, com um código de cores associada que vai do azul escuro que

representa uma sensação térmica classificada como “muito frio” e grau de estresse fisiológico classificado como “estresse extremo ao frio”, que por sua vez são condições associadas ao valor de TE_v menor do que 13, até a cor vermelho escuro

que representa sensação térmica “muito quente”, com grau de estresse fisiológico classificado como “extremo estresse ao calor”, que são associados ao valor de TE_v acima de 34.

Ressalta-se que essa tabela além de apresentar as condições extrema de sensação térmica e grau de estresse fisiológico, ainda mostra as possíveis condições intermediárias dessas variáveis, que podem auxiliar nas decisões dos usuários do aplicativo em relação aos melhores horários de realização das atividades físicas ao ar livre.

O aplicativo desenvolvido foi disponibilizado nas seguintes versões do sistema operacional Android (4.4 – Kikot, 5.1 – Lollipop, 6.0 – Marshmallow, 7.0 – Nougat e 8.0 – Oreo). Assim, o usuário destes sistemas operacionais, após definirem a consulta do dia e horário ou turno da realização das atividades físicas ao ar livre, tem acesso além de uma tabela (Tabela 2) com a classificação do TE_v , que mostra a sensação térmica e sugestões de vestimentas e hidratação (cuidados) que compõem as condições favoráveis

ou não para práticas de exercícios ao ar livre, e um quadro que associa esses valores e sugestões a um conjunto de emojis associados a estas classificações (Figura 2).

O uso dessas representações gráficas denominadas de emojis visa facilitar o entendimento dos usuários sobre as condições de conforto térmico, observadas e futuras. Considerando a facilidade atual do uso das redes sociais que popularizaram o uso dessas representações para classificar sentimentos ou condições de satisfação ou estresse.

Como mencionado anteriormente, o aplicativo apresenta ao usuário duas funções básicas, uma em que é possível consultar o TE_v com base em dados históricos que incluem dias e horários anteriores, bem como o dia e a hora corrente. Neste caso serão consultados os valores exatos das variáveis atmosféricas. E, outra função que é possível consultar a previsão dessas condições utilizando os dados da previsão numérica disponibilizados pela Funceme.

Tabela 1. Distribuição do ICT em função do TE_v . Fonte: Adaptado de (Pallotta, 2015).

Sensação térmica	Grau de estresse Fisiológico	TE_v
Muito frio	Extremo estresse ao frio	<13
Frio	Forte estresse ao frio	>13 <=16
	Tiritar	
Frio moderado	Estresse moderado ao frio	>16 <=19
	Ligeiro resfriamento do corpo	
Ligeiramente frio	Ligeiro estresse ao frio	>19 <=22
	Vasoconstrição	
Confortável	Nenhum estresse térmico	>22 <=25
	Neutralidade térmica	
Ligeiramente quente	Ligeiro estresse ao calor	>25 <=28
	Ligeiro suor, vasodilatação	
Quente moderado	Estresse moderado ao calor	>28 <=31
	Suando	
Quente	Forte estresse ao calor	>31 <=34
	Suor em profusão, falha na termorregulação	
Muito quente	Extremo estresse ao calor	>34

Tabela 2. Sugestões apresentadas pela aplicação conforme o ICT indicado.

Sensação térmica	Dica/sugestão apresentada	TEV
Muito frio	Uma vestimenta de tons escuros e mais robusta aliada a atividade física poderá produzir o calor necessário para melhorar seu conforto.	<13
Frio	A atividade física poderá produzir o calor necessário para melhorar seu conforto.	>13 <=16
Frio moderado	A atividade física poderá produzir o calor necessário para melhorar seu conforto.	>16 <=19
Ligeiramente frio	A atividade física rapidamente produzirá o calor necessário para melhorar seu conforto.	>19 <=22
Confortável	Conforto térmico adequado.	>22 <=25
Ligeiramente quente	Utilize vestimentas leves de tons claros.	>25 <=28
Quente moderado	Utilize vestimentas leves de tons claros, permaneça repondo líquidos e respeite seus limites.	>28 <=31
Quente	Condições não recomendadas para treinos ao ar livre, especialmente para pessoas não aclimatadas.	>31 <=34
Muito quente	Condições inadequadas para treinos ao ar livre e de grandes riscos à saúde, especialmente para pessoas não aclimatadas.	>34

Sensação térmica	Grau de estresse fisiológico	Sigla	TEV
Muito frio	Extremo estresse ao frio	EEF	<13
Frio	Forte estresse ao frio	FEF	>13 <=16
Frio moderado	Estresse moderado ao frio	EMF	>16 <=19
Ligeiramente frio	Ligeiro estresse ao frio	LEF	>19 <=22
Confortável	Nenhum estresse térmico	CFT	>22 <=25
Ligeiramente quente	Ligeiro estresse ao calor	LEC	>25 <=28
Quente moderado	Estresse moderado ao calor	EMC	>28 <=31
Quente	Forte estresse ao calor	FEC	>31 <=34
Muito quente	Extremo estresse ao calor	EEC	>34

Figura 2. Escala de emojis do aplicativo.

Metodologia usada na avaliação do aplicativo

Durante de 30 dias dos meses de agosto e setembro de 2019 foram coletadas as informações dos usuários sobre a experiência de uso do aplicativo, assim foram avaliados quesitos tais como usabilidade, disponibilidade dos resultados e a assertividade. Para esta avaliação foram selecionados dez usuários, classificados como saudáveis e com o biótipo semelhante, com idade

entre 20 e 40 anos. A amostra total foi de 300 informações.

Essa seleção foi necessária para garantir a qualidade da avaliação, pois durante a pesquisa bibliográfica foi observado que pessoas com biótipos e faixas etárias muito diferentes podem ter percepções divergentes sobre o conforto térmico.

Durante o período de teste os usuários tiveram a oportunidade de utilizar e avaliar o aplicativo, a recomendação foi que utilizassem diariamente, em especial antes de iniciar suas atividades físicas ao ar livre. Dessa forma, também foi possível avaliar através de um questionário investigativo os aspectos visuais (interface), a usabilidade e a relevância dessa tecnologia no cotidiano dessas pessoas.

Em adição, os usuários também foram orientados a emitir notas avaliativas, em uma escala de um a cinco, em que cada dessas notas corresponde, respectivamente, a um dos seguintes conceitos: 1-Insuficiente, 2-Regular, 3-Bom, 4-Ótimo e 5-Excelente.

Resultados e Discussão

A hipótese considerada neste estudo é que o uso do aplicativo *Coll Thermal* possa contribuir com a qualidade de vida das pessoas, assim,

procurou-se desenvolver uma interface de fácil acesso aos usuários. Assim, como resultado desse desenvolvimento, na tela inicial é possível escolher entre obter as condições de conforto térmico com base em “dados históricos” ou uma “previsão”.

Em adição, é possível acessar na tela inicial as dicas de boas práticas de atividades ao ar livre (Figura 3), para que os usuários tenham acesso imediato a todas as funções e possam navegar rapidamente entre os recursos disponíveis.

Em seguida, após definir o local, dia e o horário para a consulta, o usuário recebe uma tela (Figura 4) com o TE_v mais os valores das

variáveis meteorológicas, e o resultado é apresentado também em uma escala baseada nos emoji. Então, ao clicar no botão “dicas e boas práticas” o usuário pode obter sugestões de acordo com o resultado obtido.

Essas são sugestões que poderão ser adotadas pelo usuário para que decida quais decisões poderá tomar para que possa executar as atividades físicas da forma mais confortável possível, ou obter orientação de que não é um bom horário para a realização dessas atividades.

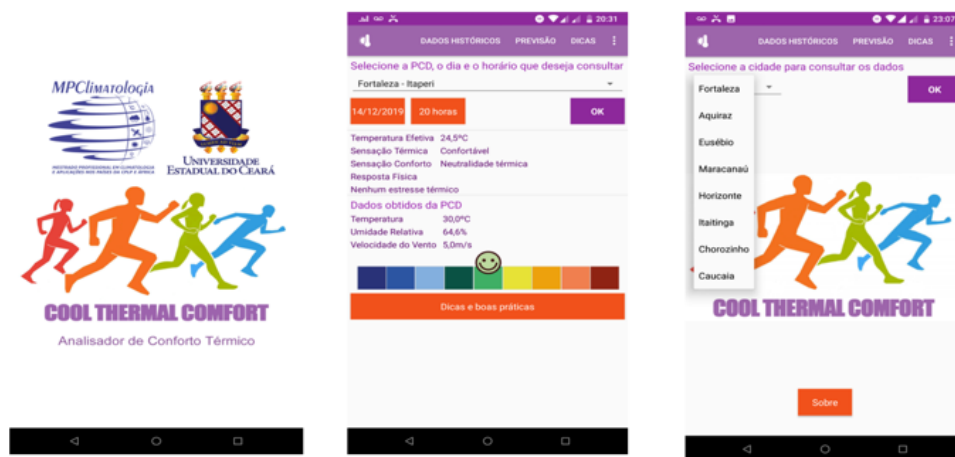


Figura 3. Telas do Aplicativo Coll Thermal (inicial).

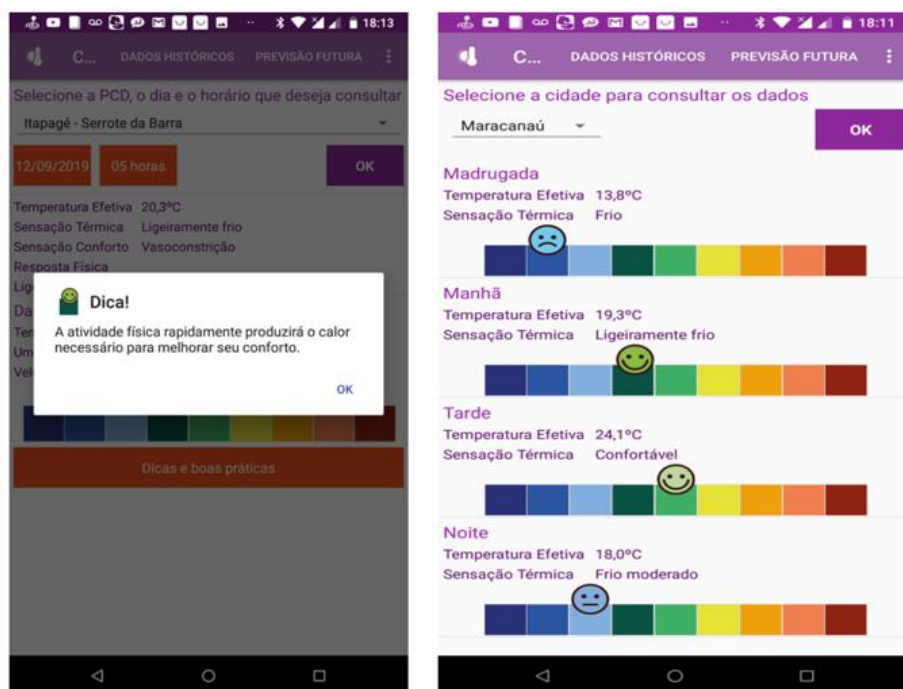


Figura 4 – Telas do Aplicativo Coll Thermal (resultados).

O usuário também pode selecionar uma cidade que deseja obter as informações ou a previsão futura dessas informações, bem com definir o dia e o(s) turno(s) (madrugada, manhã, tarde e noite) que pretende realizar as atividades

físicas ao ar livre nesta região, conforme mostrado na Figura 5, assim, também é possível receber uma mensagem de advertência que deve consultar um profissional da área de saúde antes de realizar tais atividades.

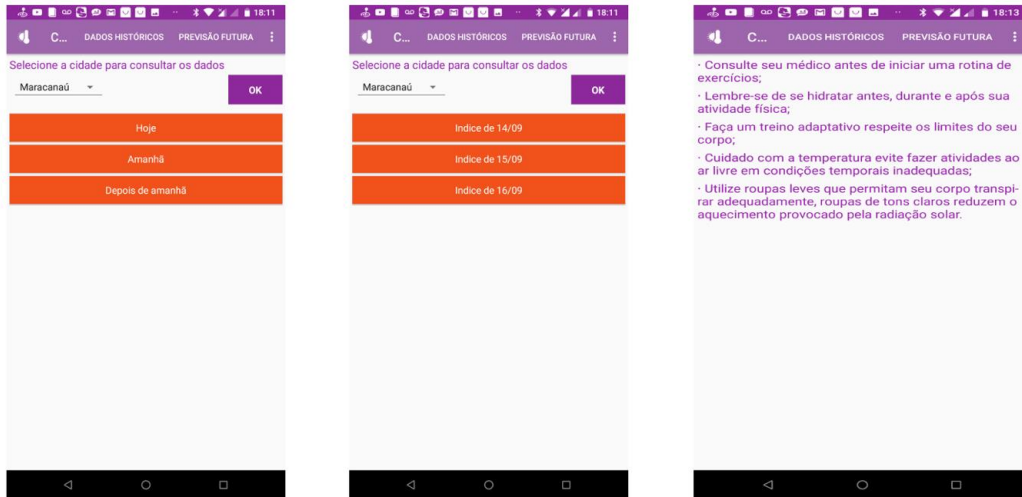


Figura 5. Telas do Aplicativo Coll Thermal (recursos adicionais).

A Figura 6 mostra as respostas dos usuários sobre o uso do aplicativo (distinguir/compreender, feedback, contrastes de cores e telas do funcionamento dos campos para entrada de dados) na entrada de dados, tais como dia, hora e turno, da realização das atividades físicas ao ar livre. Os resultados obtidos mostram que, em geral, mais de 70% dos usuários responderam positivamente, atribuindo as mais altas notas as perguntas realizadas, que correspondem respectivamente as avaliações que classificam o uso do aplicativo como ótimo e excelente (4 ou 5).

Na Figura 7 apresenta-se as respostas dos usuários sobre os textos, sobre as informações e sobre a compreensão das variáveis atmosféricas de entrada (temperatura do ar, umidade relativa do ar e ventos) e sobre a relevância dos textos e vocabulário usados no aplicativo. Assim, as respostas obtidas mostram que a maioria dos usuários afirmam estarem satisfeitos com as opções, bem como com as informações disponíveis no aplicativo, respostas expressam classificações de uso como ótimo e excelente.

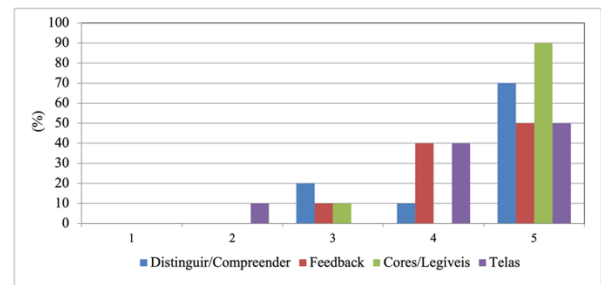


Figura 6. Resposta sobre a percepção e compreensão, feedback, sobre o contraste de cores e sobre as telas do funcionamento do aplicativo.

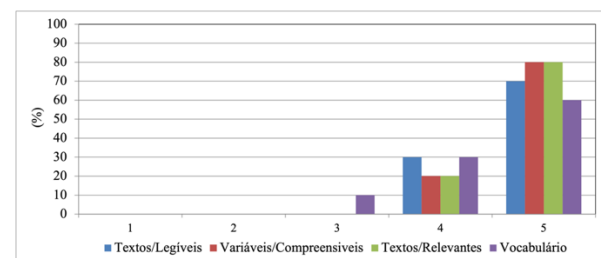


Figura 7. Resposta sobre a qualidade do vocabulário e dos textos e sobre a facilidade e a compreensão das variáveis disponíveis no aplicativo.

Na Figura 8 encontram-se as respostas dos usuários relativas as funcionalidades disponíveis no aplicativo. Observa-se que, novamente, a maioria das respostas dos usuários expressam classificações de ótima e excelente (4 e 5).

Em adição, ressalta-se que aproximadamente 70% dos usuários participantes da pesquisa afirmam ter tido facilidades com a inicialização do aplicativo, no entendimento das mensagens de erro que auxiliam o uso deste aplicativo, no entendimento das condições meteorológicas e no entendimento do conceito de conforto térmico.

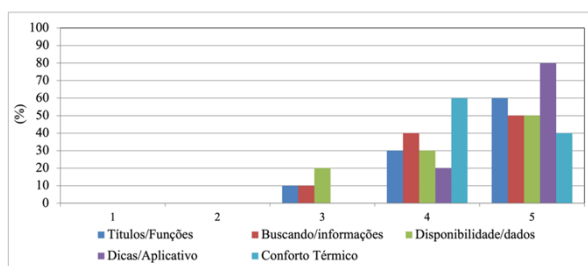


Figura 8. Resposta sobre os títulos e funções, busca de informações, disponibilidade de dados de entrada, sugestões e informações.

Dessa forma, observa-se que as respostas e considerações relativas ao uso do aplicativo Coll Thermal, bem como os relatos dos usuários sobre suas reações fisiológicas no momento escolhido para a prática de exercícios físicos, foram consistentes com os estudos realizados com atletas profissionais em participações de provas de diversos esportes sujeitos a esforços físicos (Pezzoli et al. 2012; Pallotta et al. 2015; Quadros et al, 2021, Requia et al. 2024).

Em adição, outro resultado relevante deste estudo foram as sugestões para os futuros desenvolvimentos e melhorias do aplicativo, tais como inserir um ícone e uma barra para indicar que a consulta está sendo processada, melhorar a disponibilidade dos botões superiores a combinação de cores destes botões, inserir uma ferramenta de checagem se os dados de entrada estão disponíveis ou indisponíveis (em manutenção) e inserir um glossário para facilitar a compreensão dos usuários.

Conclusões

Os resultados obtidos no estudo mostraram que, em geral, 70% da amostra selecionada dos usuários classifica o uso do aplicativo Coll Thermal como ótimo e excelente. Estes afirmam que a tela inicial, bem como os recursos disponíveis são de fácil acesso e que auxiliam obter informações importantes para a definição do dia e horário a serem selecionados para a prática de exercícios físicos ao ar livre.

Em adição, é importante mencionar que através das análises das respostas obtidas com os usuários do aplicativo é possível concluir que além do objetivo principal do estudo, o aplicativo desenvolvido cumpre uma função educativa e que levou os usuários ao entendimento das variáveis meteorológicas (temperatura do ar, umidade relativa do ar e ventos), que são variáveis de entrada do aplicativo, e do conceito de conforto térmico.

No contexto educativo também é possível concluir que o uso do aplicativo levou os usuários ao debate reflexivo sobre as sugestões de vestimentas e de hidratação, aliadas as condições de conforto térmico, que podem facilitar a realização das atividades físicas.

Dessa forma, conclui-se que o trabalho realizado atingiu seus objetivos, e que o aplicativo desenvolvido pode ser usado por pessoas interessadas em obter um índice que demonstra a possibilidade de conforto térmico em uma região de interesse, além de dicas e sugestões de vestimentas e de hidratação que são de fácil entendimento e que facilitam as decisões sobre a realização de exercícios físicos ao ar livre.

Considera-se também que o aplicativo pode ser usado em outros locais e em parceria com outros centros e agências de Meteorologia que disponibilizem o acesso via API aos dados meteorológicos observados e/ou as previsões numéricas disponíveis.

Referências

Barros, K.; Nogueira, V. & Dornelles, K. 2021. Análise Comportamental Associada ao Conforto Térmico em um Parque Urbano da

- Cidade de São Carlos-SP. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 16., 2021. Anais [...]. [S. l.], p. 178–185.
- Cavalcante, L.B.; Gomes, H.B.; Cavalcante, A.S.I.; Costa, B.C.A.; Costa, M.C.A.; Silva, C.M.; Costa, L.R.; Rocha Junior, L.R.; Santos, F.S.; Silva, F.D.S.; Silva Junior, T.L. 2020. Análise de Ilhas de Calor e Frescor Utilizando-Se de Processamento Digital de Imagens - Estudo de Caso Município de São Paulo/SP. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.35, p.835–846. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786355000010>.
- de Freitas, C.R.; Grigorieva, E.A. 2017. A comparison and appraisal of a comprehensive range of human thermal climate indices. *Int. J. Biometeorol.*, v.61, p.487–512. <https://doi.org/10.1007/s00484-016-1228-6>.
- Ferreira, B.C.; Estevam, A.; Maia, D. 2022. Clima Urbano e Ilhas de Calor no Miolo Urbano na Cidade de Salvador (BA). *Revista Brasileira De Geografia Física*, 15(6), 2768–2780. DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v15.6.p2768278>.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: *Climate Change (2021): The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press, 2021.
- IPCC. Summary for Policymakers. In: *Climate Change (2022): Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge Univ. Press. 2022.
- Jingesi, M.; Lan, S.; Hu, J.; Dai, M.; Huang, S.; Chen, S.; Liu, N.; Lv, Z.; Ji, J.; Li, X.; et al. 2023. Association between Thermal Stress and Cardiovascular Mortality in the Subtropics. *Int. J. Biometeorol.*, v.67, p.2093–2106.
- Krüger, E.L.; Gobo, J.P.A.; Nedel, A.S.; Gonçalves, F.L.T.; Lucio, P.S.; Tejas, G. T. & Piacenti-silva, M. 2022. A first approach to human biometeorology research in Brazil: a systematic review and meta-analysis. *International Journal of Biometeorology*, 66:12971315. <https://doi.org/10.1007/s00484-022-02288-0>.
- Leal, L.P.S.; Barbosa, R.V.R. 2022. Conforto térmico em cânions urbanos verticalizados de cidade litorânea em clima tropical quente e úmido. In: *Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído*, 19. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, p. 1–11. DOI: <https://doi.org/10.46421/entac.v19i1.2063>.
- Lucia, E.M.D.; Januário, W.M.; Rezende, L.M.T.; Silva, B.A.F.; Marins, J.C.B.; Leite, L.B.; Natali, A.J. & Gomes, T.N.P. 2024. O uso de camisa UV durante o exercício físico no calor favorece a termorregulação e o desempenho físico de corredores? *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*, v.18, n.114, p.167-178.
- Martelli, A. 2023. Influência da Arborização Urbana no Microclima e Conforto Térmico de uma Área Central do Município do Espírito Santo do Pinhal – SP. PhD Scientific Review. ISSN 2676 – 0444, v.03, n.6, p.9-22. DOI: <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.8208467>.
- Martelli, A.; Souza, L.R.; Hunger, M.S.; Delbim, L.; Magalhães, R.A & Zavarize, S.F. 2023. Cidades Arborizadas Favorecem a Prática de Exercícios Físicos e Reduz Comorbidades Relacionadas ao Sedentarismo. *Revista Faculdades do Saber*, v.08 (16), p.1726-1735.
- Ono, H.S.P. & Kawamura, T. 1991. Sensible Climates in Monsoon Asia. *International Journal of Biometeorology*, v. 35(1), pp. 39-47.
- Pallotta, M.; Herdies, D.L. & Gonçalves, L.G.G. 2015. Estudo das condições de tempo e conforto térmico no desempenho esportivo aplicado à maratona da cidade do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.30, n.2, p.223-240. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-778620140052>.
- Pezzoli, A.; Cristofori, E.; Gozzini, B.; Marchisio, M. & Padoan, J. 2012. Analysis of the thermal comfort in cycling athletes. *Procedia Engineering*, v.34, p.433-438. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.04.074>.
- Quadro, M.F.L.; Satyamurty, P.; Rodrigues, T.S.; Herdies, D.L.; De Gonçalves, L.G.; Nascimento, E.L.; Nedel, A.S.; Pallota, M. 2021. Meteorological conditions and thermal comfort during the athletic events of the olympic games in Rio de Janeiro in 2016. *An Acad Bras Cienc* 93: e20191113. DOI 10.1590/0001-3765202120191113.
- Requia, W.J.; Da Silva, R.M.D.; Hoinask, L.; Amini, H. 2024. Thermal Comfort Conditions and Mortality in Brazil. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, v.21, p.1248 <https://doi.org/10.3390/ijerph21091248>.
- Silva, L.F.G. & Souza, L.B. 2022. Uma abordagem fenomenológica sobre o clima e o conforto térmico em Palmas, Tocantins, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v.30, n, 18,

- p.730–752.
<https://doi.org/10.55761/abclima.v30i18.1517>.
- Suping, Z.; Gualin, M.; Yanwen, W. & Li, J. 1992. Study of the relationships between weather conditions and the marathon race, and of meteorotropic effects on distance runners. *International Journal of Biometeorology*, vol. 36, no. 2, pp. 63–68.
- Xavier, T.C.; Oliveira, W.D. & Fialho, E.S. 2021. Análise das condições de conforto térmico da cidade de Vitória, ES. *Revista do Departamento de Geografia*, v.41(n.1), e172471.
<https://doi.org/10.11606/eISSN.22362878.rdg2021.172471>.