



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

VITÓRIA PRACIANO KARST CAMINHA

**INFLUÊNCIA DO DESCONFORTO TÉRMICO NO ESPAÇO
INTRAESCOLAR NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM**

Recife
2021

VITÓRIA PRACIANO KARST CAMINHA

**INFLUÊNCIA DO DESCONFORTO TÉRMICO NO ESPAÇO
INTRAESCOLAR NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM**

Monografia apresentada a coordenação do curso de Licenciatura em Química da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Licenciado (a) em Química.

Orientador: Prof(a). Dr(a). Veridiana Alves de Sousa Ferreira Costa

Recife

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C183i Caminha, Vitória Praciano Karst Caminha
INFLUÊNCIA DO DESCONFORTO TÉRMICO NO ESPAÇO INTRAESCOLAR NO PROCESSO DE
APRENDIZAGEM / Vitória Praciano Karst Caminha Caminha. - 2021.
38 f. : il.

Orientadora: Veridiana Alves de Souza Ferreira Costa.
Inclui referências e anexo(s).

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco,
Licenciatura em Química, Recife, 2022.

1. Desconforto térmico. 2. Aprendizagem. 3. Gestão escolar. I. Costa, Veridiana Alves de Souza
Ferreira, orient. II. Título

CDD 540

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
CURSO DE LICENCIATURA EM QUÍMICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

VITÓRIA PRACIANO KARST CAMINHA

**INFLUÊNCIA DO DESCONFORTO TÉRMICO NO ESPAÇO
INTRAESCOLAR NO PROCESSO DE APRENDIZAGEM**

Aprovado em: 23 de dezembro de 2021.

Banca Examinadora

Veridiana Alves de Sousa Ferreira Costa – Orientador (a)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Marília Gabriela de Menezes Guedes – 1º avaliador (a)
Universidade Federal de Pernambuco

Suely Alves da Silva – 2º avaliador (a)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico este trabalho aos meus amigos que fizeram tudo ser mais leve, ao meu irmão Gregório e à minha mãe Lecy, aos quais sou muito grata; também aos meus professores, que me ensinaram muito além da sala de aula, em especial à professora Suely, que veio como um abraço nesses últimos dois anos e me apresentou a minha orientadora, que não poderia ser melhor. Por fim, ao professor Euzébio, pois sem as palavras dele, este trabalho talvez não fosse finalizado.

RESUMO

O processo de aprendizagem pode ser influenciado por vários fatores, tanto internos quanto externos ao sujeito. Neste trabalho, refletimos sobre o desconforto térmico no espaço intraescolar e sua influência no processo de aprendizagem de estudantes. Especificamente, buscamos investigar fatores que constituem o desconforto térmico, analisar a relação entre o desconforto térmico e o processo de aprendizagem de estudantes e refletir sobre soluções que possam auxiliar a gestão escolar a fim de minimizar possíveis problemas de aprendizagem. Trata-se de uma pesquisa qualitativa de natureza teórica, onde através de um trabalho de revisão bibliográfica sobre o tema abordado, discutimos sobre como as condições térmicas de uma sala de aula podem interferir no desempenho de professores e no processo de aprendizagem de estudantes. Também abordamos o estudo do Gráfico Psicrométrico de Givoni para conhecer métodos de obtenção do conforto térmico em espaços internos e o estudo do conforto térmico, para que seja conhecida a sua influência na cognição. As reflexões indicaram que quando um ambiente térmico não se situa na zona de conforto, há comprometimentos no processo de aprendizagem, por isso a medição da temperatura do ar e da umidade são importantes para intervir quando essas condições térmicas não se encontram em nível adequado. A partir disso, sugerimos medidas que podem ser tomadas pela gestão escolar a fim de buscar métodos que diminuam o desconforto térmico no espaço intraescolar, ressaltando a importância de uma gestão dialogada e “mediada” na busca de um ambiente propício à aprendizagem, incluindo um ambiente confortável e adequado do ponto de vista térmico.

Palavras-chave: Desconforto térmico. Aprendizagem. Gestão escolar.

ABSTRACT

The learning process can be affected for many reasons, both internal as external to the subject. In this work, we reflect about the thermal discomfort in the intraschool space and your influence in the learning process of students. Specifically, we find to investigate the factors which constitute the thermal discomfort, analyse the relation between the thermal discomfort and the learning process of students and reflect about solutions which can help the school management in order to minimize possible problems of learning process. It is about a qualitative research of theoretical nature, where through a work of literature review about the topic covered, we moot about how the thermal conditions of a classroom can interfere on the teacher's performance and the learning process of students. Also we covered the study of the Givoni's Psychrometric chart for understanding obtaining methods of thermal comfort on indoor spaces and study of the thermal comfort, for what be known your influence on cognition. The reflections indicated that when a thermal ambient does not situate in a comfort zone, there are compromises in the learning process, that is why the measuring of the air temperature and humidity are important to intervene when these conditions are not at an adequate level. From that, we suggest measures that can be taken by school management in order to search methods the reduce de thermal discomfort in the intraschool space, jutting the importance of dialogued and "mediated" management in the search for an ambient conductive to learning process, including a comfortable and appropriate ambient from a thermal viewpoint.

Keywords: Thermal discomfort, Learning process, School management.

LISTAS DE FIGURAS

Figura 1	Carta bioclimática adotada no Brasil e delimitação das zonas estratégicas.....	17
Figura 2	Carta bioclimática com TRY (1962) de Recife.....	18
Figura 3	Resultado após a análise bioclimática pelas Normas Climatológicas para um mês.....	19

SUMÁRIO

1 INICIANDO O CAMINHO	9
2 NA TRILHA DAS REFLEXÕES.....	13
2.1 SOBRE O DESCONFORTO TÉRMICO.....	14
2.2 SOBRE O DESCONFORTO TÉRMICO E A APRENDIZAGEM.....	21
2.3 ABRINDO CAMINHOS: PERSPECTIVAS FUTURAS.....	26
3 (IN) CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS.....	32
ANEXO A – PEREIRA (2009)	35
ANEXO B - MEDEIROS (2016)	36
ANEXO C - OLIVEIRA (2011)	37
ANEXO D - SOBREIRA (2018)	38

1 INICIANDO O CAMINHO

No processo de aprendizagem, há diversos fatores que podem ter influência, seja positiva, seja negativa. No segundo caso, estão incluídos os fatores externos à pessoa, entre os quais está o desconforto térmico, tema que me desperta grande curiosidade devido à pouca visibilidade que o tema tem, quando comparada à necessidade de abordagem do impacto do desconforto térmico na aprendizagem e como isso influencia no desempenho acadêmico dos/as estudantes.

Durante a vivência no ensino básico, pude observar que a experiência da aprendizagem não se limitava apenas à troca de conhecimento, mas sim a uma série de fatores que estavam muito além daquele momento isolado com duração média de 40 minutos. Partia da história de cada um e das condições físicas e geográficas dos locais que frequentavam.

Em diversos momentos ocorridos ao longo do tempo em que estive acompanhando turmas do ensino básico, pude constatar de forma notória, que os/as estudantes tiveram maior dificuldade em manter-se no interior das salas de aula quando o dia estava mais quente. A todo instante havia pedidos para ir ao banheiro ou para beber água, que nem sempre eram realizados com a finalidade apresentada, muitas vezes a razão era a ida a locais mais bem ventilados, o que sugere maior falta de atenção, de interesse e/ou maior impaciência com os assuntos escolares nesses dias.

Ao passar dos anos, foi possível observar que esses pedidos mais frequentes de saída da sala de aula já faziam parte da rotina anual da escola, sendo comentado pelos/as estudantes e professores/as durante os meses do segundo semestre sobre o calor que fazia naquele período e a vontade de permanecer nos locais mais refrescados, o que sugere novamente o maior desinteresse por parte dos/as estudantes nesse período do ano.

Uma breve pesquisa me fez identificar que isso ocorre devido à projeção dos espaços internos, que não contribuem para o melhor aproveitamento da ventilação natural, nem para a melhor incidência de luz solar, de forma a manter o ambiente iluminado, porém sem afetar significativamente a temperatura interna devido ao calor dos raios solares incidentes, entre outros fatores que seriam evitados ou melhor aproveitados caso a projeção desses espaços fosse melhor idealizada. Essa descoberta me fez ter interesse em estudar mais sobre o tema, surgindo a ideia de

investigar mais sobre isso. Então, com o passar do tempo, foi despertando a necessidade de estudo sobre esse fator que vai além da aprendizagem: o desconforto térmico em sala de aula. Acerca desse tema tão necessário, ainda mais quando falamos do Brasil, há poucos trabalhos que relacionam esses dois conceitos. Ao longo do tempo em que pesquisei sobre o tema, estive em contato com trabalhos que explicam os fatos que presenciei, o que fez surgir o interesse em contribuir com as pesquisas sobre esse tema.

Os primeiros contatos com o tema me fizeram entender melhor a relação entre a projeção do espaço interno escolar e a sensação térmica em seu interior, porém isso não atendia minha questão – entender melhor qual o impacto desse desconforto térmico no aprendizado dos/as estudantes e, conseqüentemente, no desempenho escolar deles/as –, mas despertou ainda mais a minha curiosidade sobre esse tema.

É importante destacar que, na tentativa de amenizar esse desconforto térmico, ainda que a manutenção e/ou compra dos instrumentos que mantêm a temperatura interna das salas de aula em níveis aceitáveis faça parte dos investimentos na infraestrutura escolar - como ventiladores e/ou aparelhos de ar-condicionado - por vezes a gestão se vê em uma situação delicada, onde há diversos itens que necessitam de investimentos e têm maior urgência, como a compra de produtos de limpeza e alimentos para estudantes e funcionários que permanecem na escola em tempo integral, especialmente em escolas da rede pública onde a verba destinada para investimentos em educação é limitada.

É de responsabilidade da gestão escolar que o ambiente seja o mais confortável e o mais favorável possível para a aprendizagem, pois é nesse espaço que os/as estudantes passam muitas horas dos dias úteis de vários anos de sua vida. Porém, ainda que sejam algumas das funções do/a gestor/a das escolas a administração dos recursos, gestão financeira e gestão da infraestrutura, é comum que eles se sintam incomodados com essas obrigações, pois “os gestores escolares não têm formação para lidar com isso e não existe, dentro do organograma das escolas, alguém que tenha capacidade de gerenciar este assunto” (ABRUCIO, 2019).

Outro fator relacionado à manutenção desses aparelhos, é o custo comparado com o tempo que esses aparelhos, principalmente ar-condicionado, conseguem se manter com bom desempenho até se tornar necessária a próxima manutenção, o que torna ainda mais dificultoso o destino de parte da verba para esse

fim, pois o custo é elevado e o período de bom funcionamento dos aparelhos é curto, o que reforça o pensamento de que há outros investimentos de maior urgência.

Existem diversas outras condições que influenciam na aprendizagem de um estudante, como a relação com seus familiares, a relação com seus colegas de turma e seus professores, a estabilidade emocional, o interesse pelos conteúdos propostos nas disciplinas que aquele estudante cursa, o conforto sentido no interior do espaço escolar, entre diversos outros fatores.

Apesar de cenários onde as condições são adversas, o aprendizado não se torna inexistente, mas há queda no desempenho quando comparado a locais onde as condições de aprendizagem são mais favoráveis. Essa diferença pode não ser explícita, mas quando são comparados os resultados, de forma geral, se torna notória a diferença de aproveitamento de estudantes em ambientes adversos ou favoráveis para o aprendizado (SOBREIRA, 2018).

Este estudo tem como objetivo geral identificar a relação entre o desconforto térmico no interior das salas de aula e o processo de aprendizagem de estudantes durante o período escolar. Especificamente, buscamos investigar fatores que constituem o desconforto térmico, analisar a relação entre o desconforto térmico e o processo de aprendizagem de estudantes e refletir sobre soluções que possam auxiliar a gestão escolar a fim de minimizar possíveis problemas de aprendizagem.

Esta é uma pesquisa qualitativa de natureza teórica. Trata-se de um trabalho de revisão bibliográfica sobre o tema abordado. No primeiro capítulo, trazemos as ideias iniciais, introduzindo a temática, e apresentando um panorama do trabalho. No segundo capítulo, abordamos algumas reflexões sobre a influência do desconforto térmico no espaço intraescolar no processo de aprendizagem, fazendo uma discussão a partir do material teórico disponível e de pesquisas já realizadas sobre o assunto. Dentro deste capítulo, discutimos sobre o que seria conforto e desconforto térmico – a partir de diferentes perspectivas, notadamente da bioclimatologia e arquitetura bioclimática – e buscamos articulações com o processo de aprendizagem, mostrando o quanto o ambiente térmico em salas de aula é um dos fatores que condiciona o processo de aprendizagem em qualquer dos níveis de ensino. Nesse sentido, destacamos a importância de uma gestão escolar que propicie um ambiente mais confortável e mais favorável para a aprendizagem e ressaltamos a importância de uma gestão dialogada e “mediada” intervindo nesse processo de aprendizagem. Ainda neste capítulo, apontamos para perspectivas futuras

apresentando a sugestão de um experimento que pode ser utilizado para auxiliar professores e gestores a identificar a temperatura no interior da sala de aula e a umidade relativa do ar nas suas localidades a fim de minimizar os possíveis efeitos do desconforto térmico no espaço intraescolar e, assim, poder contribuir com o processo de aprendizagem de estudantes. Por fim, apresentamos as considerações finais do nosso trabalho, onde discorremos acerca das contribuições esperadas em trabalhos futuros.

2 NA TRILHA DAS REFLEXÕES

É de grande complexidade criar um ambiente escolar favorável ao aprendizado, ainda mais quando lidamos com uma enorme diversidade de pessoas presente em uma única sala de aula. Quando falamos do sistema educacional, mais especificamente das escolas públicas de ensino básico, que têm sofrido cada vez mais com cortes de verbas, a complexidade de criar esse ambiente escolar adequado se torna ainda maior. Quem mais sofre com esse grande problema do sistema educacional brasileiro são os/as estudantes do ensino básico, que se encontram à margem de todo esse sistema.

O local onde a escola está situada sofre interferência tanto do clima o qual os/as estudantes estão habituados/as, quanto da própria sensação térmica no interior da escola. Em geral, quando se fala em ensino e aprendizagem, não se considera o ambiente térmico em sala de aula como um alicerce importante, mas várias pesquisas apontam que essa relação interfere na interação do/a estudante com o próprio conhecimento e também na relação entre ele e os sujeitos que o cercam, a depender do comportamento do indivíduo tanto de forma cultural, como social. Quando um espaço é destinado à criação de uma escola, as relações citadas anteriormente devem ser levadas em consideração no estudo da capacidade de adaptação dos/as estudantes ao clima esperado na projeção do espaço escolar (VILLAS BOAS, 1985).

Santos *et. al.* (*apud* Talaia e Silva, 2016), destacam que um ambiente térmico de ensino deve se adequar ao conforto térmico dos/as estudantes a fim de que estes/as possam manter um certo equilíbrio.

Por conforto térmico, segundo a norma ISO 7730, entende-se um estado de espírito que aponta satisfação com o ambiente térmico que envolve uma pessoa. (Talaia e Silva, 2016). Batiz *et. al.* (2009) pontuam que a ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers*) “define conforto térmico como a condição da mente na qual o indivíduo expressa satisfação com o ambiente térmico” (p. 478).

Importa salientar que a avaliação do conforto térmico é um processo cognitivo que envolve variáveis influenciadas por aspectos físicos, psicológicos e outros, por isso, a sensação térmica tem um caráter subjetivo que pode variar de pessoa para pessoa, pois também depende do metabolismo (TALAIÁ & SILVA, 2016; BATIZ *et. al.*, 2009).

Acerca da estrutura escolar, ainda que a eficiência de sua projeção seja satisfatória, isso não atende a totalidade de fatores necessários para a criação de um ambiente favorável ao bom funcionamento da unidade escolar. Fatores ambientais também devem ser levados em consideração, pois também influenciam na arquitetura necessária para o conforto do ambiente estudantil, mesmo que ainda assim seja indispensável o uso de equipamentos auxiliares na construção do conforto térmico satisfatório para o correto funcionamento da escola em locais cujo clima seja rigoroso (KOWALTOWSKI, 2001).

Ainda acerca da projeção da estrutura escolar, um dos deveres da arquitetura é formar um ambiente onde a sensação térmica em seu interior seja similar ao seu entorno, valorizando as angulações possíveis para a construção das salas de aula, dos corredores e das áreas abertas, de forma a manter a maior área possível com o clima próximo ao exterior dos ambientes fechados (FROTA & SCHIFFER, 2003), o que facilita a sensação de conforto térmico, frente à adaptação do corpo humano ao seu entorno, auxiliando no melhor desempenho dos/as estudantes tanto na área acadêmica, quanto nas atividades extracurriculares atribuídas pela escola.

Em casos onde a escola foi projetada sem o devido cuidado com a igualdade da sensação térmica em espaços internos e externos, outras medidas podem ser tomadas a fim de alcançar temperaturas internas o mais próximo possível do conforto térmico para a região, para que o aprendizado seja afetado minimamente por esse fator, como a adoção de métodos que objetivam o controle da temperatura interna, tornando-a similar a temperaturas de espaços abertos.

2.1 SOBRE O DESCONFORTO TÉRMICO

Em um levantamento realizado pelo Tribunal de Contas de Pernambuco (TCE-PE), divulgado em setembro de 2021, o qual vistoriou 792 escolas da rede municipal de ensino dos 184 municípios do estado de Pernambuco, foi constatado que em 711 dessas escolas - o que representa 89,8% do total - não há nenhuma sala de aula climatizada, fato preocupante, visto que a temperatura média do mês de janeiro é 27,2 °C na costa litorânea e zona da mata, que são as regiões do estado onde há maior concentração de calor.

Outro fator a ser levado em consideração é que a média apresentada leva em consideração todos os períodos do dia, o que contribui para que a média de temperatura seja abaixo da correspondente ao caso em que limitamos apenas ao período diurno, o qual pode chegar, na última semana do mês de julho, à média de 30,5 °C às 9h no município de Recife (Pernambuco).

Uma pesquisa realizada em salas de aula de 16 escolas da rede municipal de João Pessoa (Paraíba), identificou-se que as condições de temperatura e umidade relativa do ar estava dentro do limite recomendado pela ABNT - NBR 6.401, que é entre 24 °C a 26 °C e 40% a 60%, respectivamente, em nenhuma das salas de aula. Os resultados apontaram que essas condições de desconforto térmico são responsáveis pelas principais queixas dos trabalhadores da educação, notadamente professores/as, sendo um dos grandes estressores ambientais e, também, interferindo no desempenho e na saúde desses profissionais, afetando, paralelamente, os/as estudantes. (BATISTA *et. al.*, 2010)

Esses dados ratificam a constatação de que a preocupação com o desempenho térmico em algumas escolas - particularmente em escolas públicas - não tem tido muita importância, embora pesquisas apontem já há algum tempo que as condições térmicas de uma sala de aula podem interferir na motivação, na concentração, na atenção e percepção dos/as estudantes, comprometendo o aprendizado. (TALAIA & SILVA, 2016; BATIZ *et. al.*, 2009) Em virtude disso, “é necessário que numa arquitetura escolar se tenha em conta as necessidades de conforto térmico, de forma a proporcionar um ambiente agradável e que favoreça o ensino e a aprendizagem” (TALAIA & SILVA, 2016, p. 69)

A depender do material utilizado nas construções, haverá menor inércia térmica, o que não é desejável em locais onde o clima é quente, pois pode ocasionar maior sensação de abafamento, resultando no desconforto térmico. O indevido controle do conforto térmico em espaços fechados resulta em temperaturas internas fora da “zona de conforto”, definida por Givoni (1991, p. 11) como “a variação de condições climáticas dentro do qual a maioria das pessoas não sentiria desconfortos termais, nem de calor nem de frio” (tradução nossa).

A definição de zona de conforto citada também é trazida em outra contribuição do mesmo autor, que foi o desenvolvimento do Gráfico Psicrométrico de Givoni (1992), o qual contém um ponto para cada hora do ano e é dividido nas zonas de frio, de conforto e de calor, variáveis de acordo com a localização geográfica a qual está

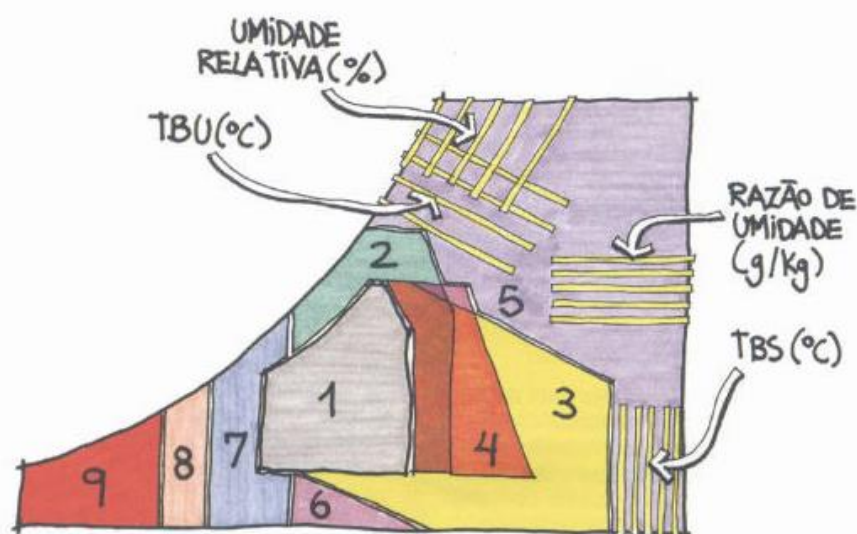
se estudando. Para a delimitação das áreas do gráfico, são utilizados meios de manutenção do conforto térmico, como o uso de ventilação, de ar-condicionado, aquecimento artificial, entre outros.

A psicrometria é a área responsável pelo estudo físico e termodinâmico das variações do ar, como umidade e temperatura. Através do estudo dessas variáveis, é possível realizar a construção de gráficos, chamados de gráficos psicrométricos. A previsão de qual método é o mais indicado para a produção do conforto térmico em diversos contextos é realizada em uma carta bioclimática, sendo a sua construção baseada em um gráfico psicrométrico.

Para a construção do Gráfico Psicrométrico de Givoni, são traçadas linhas que correspondem a quatro parâmetros, sendo eles (Martins, 2002, p. 14):

- Razão de umidade: quantidade de vapor de água em gramas por quilograma do ar seco (g/kg). A quantidade de umidade máxima depende da temperatura, sendo o máximo chamado de umidade de saturação;
- Umidade relativa: expressão do conteúdo da umidade da atmosfera, expressa como porcentagem da razão de umidade pela umidade de saturação à mesma temperatura (%);
- Temperatura de bulbo úmido: temperatura média indicada por um termômetro com seu bulbo envolto por uma mecha de algodão mantida úmida com água destilada e ventilado permanentemente por um ventilador (°C);
- Temperatura de bulbo seco: temperatura indicada por um termômetro exposto ao meio ambiente (°C).

Figura 1 – Carta bioclimática adotada no Brasil e delimitação das zonas estratégicas



Fonte: Martins (2002)

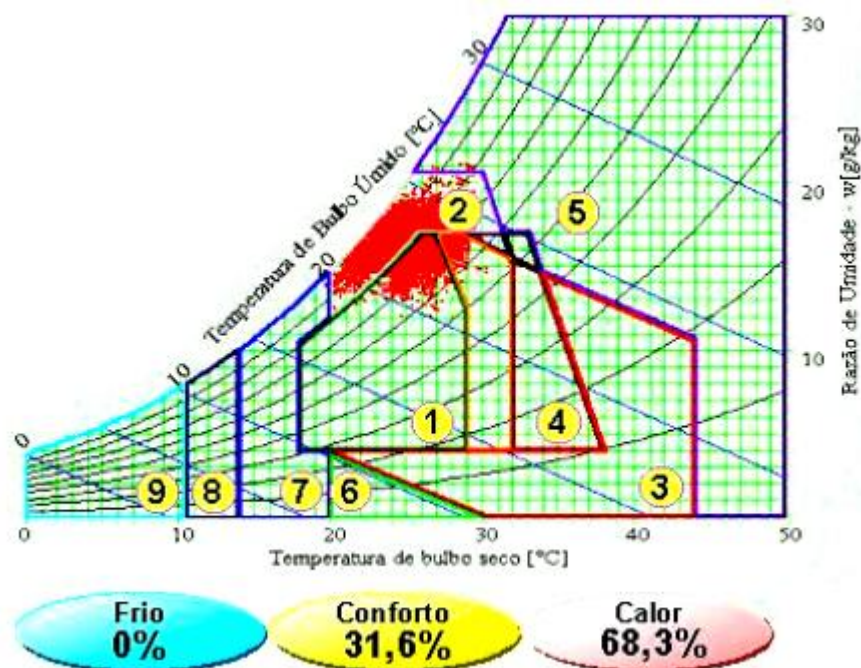
Na figura, a zona de conforto está indicada pelo número (1), seguida pela zona de ventilação (2); zona de resfriamento evaporativo (3); massa térmica para resfriamento (4); ar-condicionado (5); umidificação (6); massa térmica para aquecimento (7); aquecimento solar passivo (8); aquecimento artificial (9).

Em condições dentro da zona de conforto, as pessoas provavelmente sentirão conforto térmico no ambiente interior, sendo o organismo humano adaptado ao clima quente e úmido, capaz de sentir-se confortável em um grande limite de umidade relativa (entre 20 e 80%) e de temperatura (entre 18 e 29 °C), segundo LAMBERTS (1997). Porém, ainda segundo o autor, quando a temperatura estiver próxima a 18 °C, deve-se evitar o impacto do vento, pois pode produzir desconforto (referindo-se ao frio), em temperatura próxima a 29 °C deve-se evitar a incidência de radiação solar sobre as pessoas, a ventilação forte, além de ser aconselhável o uso de roupas leves e em temperatura acima de 20 °C, o conforto térmico só é possível quando há sombreamento. O limite superior da zona de conforto está situado na umidade relativa de 80%, sendo porcentagens superiores prejudiciais à saúde, como explica Portilho *et. al.* (2016):

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), o nível ideal para o organismo humano gira entre 40% e 70%. Acima desses valores, o ar fica praticamente saturado de vapor d'água, o que interfere no nosso mecanismo de controle da temperatura corporal exercido pela transpiração. Quanto mais alta a temperatura e mais úmido o ar, mais lenta será a evaporação do suor, que ajuda a dissipar o calor e a resfriar o corpo. (p. 1736).

Para a cidade de Recife, a zona de conforto está limitada a aproximadamente 1/3 do ano (31,6% das horas), sendo o restante destinado ao desconforto térmico. A melhor estratégia para o controle do conforto térmico é a ventilação (60,8% das horas), seguida pela massa térmica para resfriamento e resfriamento evaporativo (7,1% das horas) (COÊLHO, 2006). Para Recife, além da ventilação cruzada permanente, o condicionamento passivo também é suficiente para as horas mais quentes (LAMBERTS, 1997), sendo o condicionamento passivo uma alternativa sustentável onde há a arborização do local a fim de produzir condições de temperatura agradáveis e sombreamento.

Figura 2 – Carta Bioclimática com TRY (1962) de Recife



Fonte: LAMBERTS, 1997, *apud* COELHO, 2006

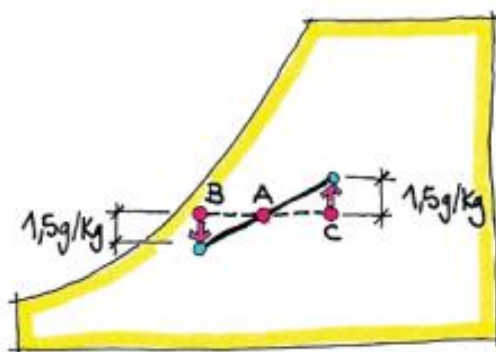
A ventilação cruzada é a estratégia mais recomendada para países de clima quente e úmido, porém em temperaturas externas acima de 32 °C, pois acima desse limite, os ganhos térmicos em ambientes internos tornam essa estratégia indesejável. Em regiões áridas, por exemplo, onde a temperatura diurna chega a 36 °C, a noturna chega a 20 °C e a umidade relativa é inferior a 60%, a ventilação é recomendada apenas no período noturno. Em regiões onde a temperatura diurna é superior a 36 °C, a ventilação não é mais suficiente para gerar algum conforto, sendo necessário que se adote outro sistema de resfriamento (LAMBERTS, 1997).

A partir do resultado de estudos que usem como base o Gráfico Psicrométrico de Givoni, também chamado de Diagrama de Givoni, em conjunto com estudos que apresentem a média de temperatura ao longo dos meses da localidade que se deseja analisar, podemos concluir as melhores épocas do ano para utilizar os meios disponíveis para a manutenção da temperatura interna das salas de aula em níveis considerados aceitáveis para a zona de conforto da localidade em questão.

A análise combinada das contribuições citadas anteriormente pode auxiliar bastante para que os/as gestores/as escolares consigam tomar as melhores decisões dentro dos limites estruturais e financeiros da escola que são responsáveis, a fim de minimizar a influência de uma possível condição de desconforto térmico no aprendizado dos/as estudantes.

Para analisar o melhor método para manter o conforto térmico em ambientes internos localizados em cidades com pouca variação climática anual, são necessários os valores mensais de temperatura média para a cidade, média das máximas, média das mínimas e a umidade relativa média, além do gráfico psicrométrico para a mesma cidade. Então, para cada mês é marcado um ponto na interseção entre a temperatura média e a curva da umidade relativa média, em seguida é marcado um ponto e traçada uma linha horizontal até a temperatura média mínima e máxima para aquele mês, para, enfim, traçar uma nova linha unindo os pontos 1,5 g/kg abaixo do ponto representado pela média mínima e 1,5 g/kg acima do ponto representado pela média máxima do mês (LAMBERTS, 1997).

Figura 3 – Resultado após a análise bioclimática pelas Normas Climatológicas para um mês



Fonte: LAMBERTS, 1997

Quando a projeção de um espaço fechado resulta em uma faixa de temperatura interna fora da zona de conforto térmico dos habitantes da localidade em questão, necessariamente, é aumentado o gasto energético para a manutenção da temperatura e correto funcionamento do organismo humano no interior desse ambiente (GIVONI, 1991), fato que contribui negativamente para o rendimento acadêmico de estudantes, quando nos referimos a um ambiente escolar, pois a energia gasta desnecessariamente para o controle interno do organismo poderia ser destinada ao processo de aprendizagem.

Esse processo, onde há o desnecessário aumento do gasto de energia para a regulação da temperatura interna do organismo humano, ocorre no sistema termorregulador, que atua no sentido de anular o saldo de energia do balanço térmico da pessoa. Conforme destaca Silva Junior (2013, *apud* Santos, 2018):

A capacidade que o corpo humano tem de adaptar ao ambiente que o cerca é muito interessante, podendo adaptar-se a condições adversas de temperatura no ambiente através do mecanismo de termorregulação. A termorregu-

lação é a capacidade que o corpo humano tem de manter a temperatura corpórea dentro de certos limites, mesmo quando a temperatura do ambiente é diferente da do corpo humano. O órgão que realiza esse mecanismo é a pele, que controla as trocas de calor entre o corpo e o ambiente. O fluxo sanguíneo na pele reage às variações do ambiente, quando o corpo sente calor a circulação sanguínea aumenta, realizando a transpiração. No caso onde o corpo sente frio, o fluxo diminui nas camadas subcutâneas, evitando que o corpo perca calor para o ambiente (p. 14).

Existem diversas outras funções que demandam o gasto energético e a atenção humana, como a concentração em atividades desenvolvidas na sala de aula, considerando o contexto educacional. Porém, quando a situação envolve o desconforto térmico, estas funções são negligenciadas devido ao gasto energético desnecessário para a manutenção da temperatura interna em níveis considerados aceitáveis para aquela localidade. Esse processo gera desânimo, inclusive por parte dos/as professores/as, tal como constatado por Ferreira (2017), em uma pesquisa realizada com pais e professores sobre a infraestrutura da escola. Nessa pesquisa, ao serem questionados sobre o que falta em sua escola que gostaria que houvesse - referindo-se à estrutura - um dos professores entrevistados, comparando a escola que trabalhava com outra que apresentava salas refrigeradas, entre outras diferenças estruturais, respondeu afirmando: “assim dá até ânimo de dar aula” (Ferreira, 2017, p.7).

Ainda acerca da atividade docente, lida adverte que a relação entre o desconforto térmico e a prática profissional de professores tem sido estudada, pois há relação entre a pouca iluminação, a acústica das salas de aula (que produzem ruídos constantes) e o desconforto térmico com graves danos à saúde devido a tensão constante gerada no trabalho pelas causas descritas anteriormente (IIDA, 2005 *apud* BATISTA, 2010). O desconforto térmico e a produção constante de ruídos nas salas de aula também são associados a transtornos mentais em docentes (GASPARINI, 2006 *et al.*, *apud* BATISTA, 2010).

Pelo exposto, parece importante tanto para professores/as quanto para estudantes que exista um ambiente favorável, confortável do ponto de vista térmico, para que o processo ensino-aprendizagem se dê de forma satisfatória, do contrário, certamente haverá prejuízos.

2.2 SOBRE O DESCONFORTO TÉRMICO E A APRENDIZAGEM

O processo de avaliação do conforto térmico, segundo Batiz *et. al.* (2009), pode ser elucidado pelos conceitos de sensação e percepção.

As informações do meio externo são processadas em dois níveis: os níveis da sensação e da percepção. Apesar de ser possível diferenciá-los, sentir e perceber são, na realidade, um processo único, que é o da recepção e interpretação de informações.

O processo de receber, converter e transmitir informações do mundo externo é chamado de sensação. Desse modo, a sensação é entendida como uma simples consciência dos componentes sensoriais e das dimensões da realidade, ou seja, é um mecanismo de recepção de informações que se dá através dos órgãos do sentido. “A sensação é um fato psicofisiológico provocado pela excitação de um órgão sensorial [...]” (BATIZ *et. al.*, 2009, p. 478).

Para experimentar sensações, precisamos ter tanto os meios para detectar estímulos quanto para convertê-los em uma linguagem que o cérebro possa entender. Na recepção de informações, algum nível de filtragem é necessário para que o cérebro não seja sobrecarregado de informações desnecessárias. Ele precisa estar livre para responder aos estímulos que são importantes para a sua sobrevivência.

Enquanto a sensação se refere ao processo de receber a informação, a percepção se refere ao processo de selecionar, organizar e interpretar os dados sensoriais, transformando-os em representações mentais úteis. A percepção supõe as sensações acompanhadas dos significados que lhe atribuímos como resultado da experiência anterior conferindo-lhe significado, ou seja, é um mecanismo de interpretação de informações. (BRAGHIROLI, 2005; BOCK, 1999; HUFFMAN, 2003). O significado atribuído está sob a influência de fatores externos e internos, ou seja, dependem de variáveis como mecanismos do percebedor; características do estímulo; estado psicológico de quem percebe, etc.

Perceber é, pois, tomar conhecimento de um objeto, e para isso, é preciso focalizar a atenção sobre ele. A atenção é uma condição essencial para que haja percepção. Quem percebe, seleciona aspectos do meio ambiente, pois nem todos os estímulos do meio ambiente são percebidos simultaneamente pela mesma pessoa. Assim, o primeiro passo na percepção é a seleção: escolher os estímulos aos quais vamos prestar atenção. A atenção é um processo mental que permite a interação eficaz do indivíduo com o seu ambiente, além de subsidiar a organização das informações. Ela permite, portanto, que as pessoas se centrem em um determinado estímulo

ou informação relevante e é uma condição para o funcionamento de processos cognitivos mais complexos, influenciando, portanto, no aprendizado. (BATIZ *et. al.*, 2009, BRAGHIROLI, 2005; BOCK, 1999; HUFFMAN, 2003).

Dito isto e entendendo por conforto térmico, como já exposto, um processo cognitivo que indica satisfação com o ambiente térmico que envolve uma pessoa, refletimos sobre as condições em que esse conforto está prejudicado. Embora reconhecendo seu caráter subjetivo, por incluir processos psicofisiológicos como atenção, sensação e percepção, como vimos, é possível conhecer sensações de conforto e desconforto térmico através de medições de temperatura do ar e de razão de umidade, e no caso em que estamos discutindo, refletir sobre as formas como esse desconforto térmico condiciona a aprendizagem, pois partimos do pressuposto de que o processo de aprendizagem é afetado pelas condições térmicas do ambiente que circunda os/as estudantes.

Frota e Schiffer (*apud* TALAIA & SILVA, 2016), mostraram que um ambiente térmico desconfortável influencia a prestação produtiva e intelectual de uma pessoa, influenciando o processo de ensino de professores e de aprendizagem de estudantes. Isso vai no mesmo sentido da pesquisa desenvolvida por Batista *et.al.* (2010) onde ao mensurar medidas de conforto ambiental (temperatura, ruído e iluminação) e avaliar o discurso de professores sobre as condições de trabalho, concluiu-se que as condições de desconforto térmico às quais os/as professores estavam submetidos muito provavelmente estava interferindo no desempenho e na produtividade deles, afetando, com isso, a aprendizagem de seus/suas estudantes, que se queixavam que suas práticas ficavam comprometidas. Ou seja, condições insalubres e inadequadas termicamente, atingiam diretamente o desempenho e a saúde desses/as docentes e, por consequência, também afetava a aprendizagem dos/as estudantes.

Nessa mesma perspectiva, (TALAIA & SILVA, 2016) defendem que o ambiente térmico em salas de aula é um dos fatores que condiciona o processo de aprendizagem em qualquer dos níveis de ensino. Em suas palavras:

Nós partilhamos da convicção de que o ambiente térmico influencia a aprendizagem de estudantes quando os parâmetros termohigrométricos [sic] de uma sala de aula são valorizados. (TALAIA & SILVA, 2016, p. 69)

Em virtude disso, os autores consideram importante conhecer as condições térmicas de uma sala de aula e definir que características termo-higrométricas que o

ambiente térmico deve ter para a aprendizagem. A fim de contribuir com um dos parâmetros termo-higrométricos - a temperatura interna do ambiente -, além da contribuição com sugestões para a diminuição do desconforto térmico em escolas, será sugerido mais adiante um experimento simples para a construção de um termômetro que pode ser realizado em sala de aula.

Um elemento importante para agregar nessa discussão, conforme já anunciamos, são os fatores de ordem arquitetônica da edificação das escolas, pois elas podem contribuir para a situação de conforto ou desconforto térmico e afetar o desempenho produtivo e cognitivo.

De acordo com Soares (2004), os fatores que determinam o desempenho cognitivo pertencem a três grandes categorias: os associados à estrutura escolar, os associados à família e àqueles relacionados ao próprio estudante. Isso significa que fatores intra e extraescolares estão associados ao desempenho cognitivo dos/as estudantes.

Não podemos perder de vista, conforme nos lembra o autor, que

[...] toda escola está inserida em um contexto social, sobre o qual não tem controle, mas que influencia fortemente as relações estabelecidas nos espaços escolares e, conseqüentemente, o processo de ensino/aprendizado. Esse contexto tanto cria restrições como oportunidades estruturais para a escola. (Soares, 2004, p. 87)

Dentre esses fatores contextuais, destacam-se o local – cidade ou bairro, ou seja, sua realidade geográfica –, o tamanho da escola – em termos de quantidade de estudantes, elementos que dizem respeito às influências externas. Mas há também outros fatores, como as relações sociais que são estabelecidas na escola, características do corpo docente dessa escola, seu projeto político pedagógico e as características estruturais da escola. E a este último fator que gostaríamos de chamar atenção.

Quando falamos em características estruturais da escola, estamos falando de seus recursos de um modo geral: recursos didáticos ou materiais necessários à organização da instrução nas várias disciplinas, tanto em termos quantitativos quanto qualitativos, recursos pedagógicos, recursos humanos, recursos físicos, etc. O principal recurso físico da escola é constituído por seu prédio, seus equipamentos e condições de uso. Nesse sentido, é muito importante que, do ponto de vista estrutural, a escola tenha condições de oferecer salas de aula com conforto térmico a fim de que a temperatura não interfira negativamente no processo de aprendizagem.

Outros aspectos também destacados nas características estruturais da escola dizem respeito à relação da escola com a comunidade, ao corpo discente e à gestão. Aqui também refletimos como a gestão atua no sentido de identificar e intervir diante das dificuldades enfrentadas pela escola do ponto de vista estrutural, sobretudo quando elas passam a afetar o processo de aprendizagem de seus estudantes. Ou seja, que estratégias ela utiliza e como ela se mobiliza para buscar soluções dentro de suas possibilidades e limites.

Embora, segundo Soares (2004), o desconforto térmico e seu impacto na aprendizagem esteja implícito em uma dessas três grandes categorias de fatores que determinam o desempenho cognitivo, a saber os associados à estrutura escolar; como o desconforto térmico é apenas um dentre tantos fatores, não é possível mensurar seu exato impacto no desempenho acadêmico de estudantes, mas ainda assim é necessário seu estudo, pois

O estudo do conforto térmico tende a mensurar a eficiência do trabalho, seja ele intelectual ou braçal, pois a performance humana dentro de certas atividades executadas possui influência direta na sensação de bem-estar, com isso, ganhar ou perder calor pode provocar desconforto e reduzir o desempenho humano, influenciando nas atividades intelectuais, manuais e perceptivas (Oliveira, 2018, p. 5).

Acompanhando o autor, se um ambiente é confortável do ponto de vista térmico, isso terá consequências positivas em termos de produtividade, e, no caso em que estamos discutindo, terá resultado positivo na aprendizagem. Podemos, então, concluir, que o contrário também acontece, ou seja, em casos de desconforto térmico, a aprendizagem também ficará comprometida.

Na situação da sala de aula, os/as estudantes são habituados a viverem constantemente em uma sensação térmica, variável ao longo do ano, mas ainda assim, conhecida pelos habitantes locais, porém, ao entrarem na sala de aula, encontram-se em uma sensação térmica, trazida pela projeção do local, bastante diferente da qual estão habituados e que não condiz com a sensação conferida nos espaços abertos da própria escola. Essa percepção de sensação térmica muito diferente da encontrada em um espaço próximo, traz o sentimento de necessidade de sair o mais rápido possível do local, conforme percebemos na vivência escolar quando os/as estudantes têm mais dificuldade em manter-se no interior das salas de aula quando o dia é mais quente, pedindo para retirar-se da sala para ir ao banheiro ou para beber água - o que, muitas vezes, é apenas uma procura por locais mais bem ventilados,

principalmente em determinadas épocas do ano em que a temperatura tende a ser mais elevada.

Lembramos que é de responsabilidade da gestão escolar que o ambiente seja o mais confortável e o mais favorável possível para a aprendizagem, sendo, portanto, um instrumento importante nesse processo. Destacamos aqui a relevância de uma concepção de gestão dialogada e “mediada”, entendendo essa mediação pela perspectiva da concepção histórico-cultural de Vygotsky para quem a relação do sujeito com o mundo está sempre mediada pelo outro e da qualidade dessa relação e da intervenção desse outro depende a aprendizagem.

Para Vygotsky, a mediação caracteriza-se por um processo de intervenção de um elemento intermediário numa relação, algo interposto entre um objeto e outro. A relação do homem com o mundo é sempre mediada por instrumentos e signos. Os processos de mediação são fundamentais para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores. (BECKER, 2001, BOCK, 1999. LA TAILLE, 1992.)

Aqui ressaltamos a importância da mediação do outro em todo processo de aprendizagem. Embora Vygotsky não tenha falado dessa temática, fazemos aqui um paralelo com a importância da mediação e da intervenção do outro na identificação de possíveis problemas de aprendizagem que possam estar sendo oriundos do desconforto térmico e a busca de soluções para facilitar a aprendizagem.

Da perspectiva de Vygotsky, é porque aprende que o sujeito se desenvolve. Desse modo, a aprendizagem define os rumos do desenvolvimento. Nisso ele destaca a importância da cultura (que oferece demandas a serem internalizadas) e do outro, que oferece as condições favoráveis à aprendizagem para se desenvolver, em todos os sentidos, inclusive as condições estruturais. Para ele, o papel da aprendizagem é mediar a relação do sujeito com o mundo, facilitar sua adaptação e promover o desenvolvimento, propiciando as melhores condições para isso. (LA TAILLE, 1992.). É nesse sentido que chamamos atenção para a importância de uma gestão dialogada e “mediada” na busca de um ambiente propício à aprendizagem dos/as estudantes, incluindo um ambiente confortável e adequado do ponto de vista térmico.

Essas breves proposições sobre aprendizagem que aqui apresentamos fornecem um conhecimento útil para melhorar a educação e a elaboração de práticas educativas mais eficazes, mais satisfatórias e mais enriquecedoras para as pessoas que participam dessas práticas. Elas servem de ferramentas de análise dos processos

educativos que podem auxiliar o professor a planejar e avaliar suas práticas, considerando todos os fatores que determinam o desempenho cognitivo em suas diferentes categorias. Servem, pois, de auxiliares de leitura, interpretação e intervenção da realidade educacional e tudo que se relaciona com o processo ensino-aprendizagem, e aqui destacamos a influência do (des) conforto térmico.

2.3 ABRINDO CAMINHOS: PERSPECTIVAS FUTURAS

A fim de minimizar os possíveis efeitos do desconforto térmico no espaço intraescolar e, assim, poder contribuir com o processo de aprendizagem de estudantes, uma sugestão que pode ser adotada em trabalhos futuros acerca do tema é a realização de um experimento que traz como resultado a temperatura no interior da sala de aula e a umidade relativa do ar na localidade em questão.

Existem vários experimentos que podem ser utilizados como termômetro “caseiro”, que usam materiais diversificados em sua composição, o que facilita a aplicação dessa metodologia em sala de aula. Porém, o/a professor/a deve atentar para a eficácia do experimento escolhido, pois apesar da criação de um termômetro “caseiro” ser uma atividade relativamente simples, ainda assim pode conter erros em sua metodologia que levem à falha experimental e frustração de todos que estiverem presentes no momento.

Apesar de as falhas experimentais serem uma fonte rica de aprendizado, neste caso que trazemos, sugere-se que as chances de falhas sejam minimizadas ao máximo, pois iremos sugerir uma possível aplicação do resultado apresentado pelo experimento do termômetro, não apenas nos ater ao fim de manuseio de equipamentos para a elaboração de um conteúdo visual. Nesse caso, estaríamos construindo um instrumento similar a um termoscópio, usado apenas para a observação da dilatação e contração térmica.

Uma possibilidade de criação de um termômetro em sala de aula é trazida por Oliveira (2011), que inicia explicando o motivo de falhas comuns na reprodução da metodologia tradicional para a montagem de um termômetro junto com os/as estudantes. Apesar de ser um experimento bastante simples e que utiliza materiais de fácil acesso, também há muitos fatores que demandam o cuidado de quem está manuseando os materiais, para que o erro na medição de temperatura seja minimizado.

O autor traz o procedimento que pode ser utilizado a fim de minimizar o erro (diferença entre o valor obtido e o valor verdadeiro) e as possibilidades de falha experimental. Os materiais necessários na metodologia descrita por ele inclui:

1. A escolha de um bulbo, que serve como reservatório para o líquido que será utilizado como substância termométrica, podendo ser qualquer frasco de vidro ou de plástico em que consigamos ver o líquido contido em seu interior;
2. A escolha de um tubo capilar, que será o indicativo da temperatura do ambiente, idealmente sendo um tubo fino de vidro, mas podendo ser substituído pela utilização de um tubo de plástico transparente ou translúcido o suficiente para enxergarmos seu interior e com diâmetro interno ser entre 2mm e 4mm, como um canudo, por exemplo;
3. A escolha da substância termométrica, que pode ser álcool comum (92,8° INPM) ou água. A substância que for escolhida, deve ser adicionada algumas gotas de corante, para que seja mais perceptível visualmente a dilatação do líquido;
4. A calibração do termômetro para obtenção da escala termométrica, fazendo as devidas marcações com uma caneta marcadora de CDs ou DVDs em dois pontos fixos no exterior do tubo capilar. (OLIVEIRA, 2011)

A fim de minimizar o erro, o autor descreve os passos realizados e os materiais escolhidos para os testes do experimento, que incluem um tubo de ensaio utilizado comumente em coletas de sangue e pode ser adquirido em postos de saúde ou laboratórios de análises clínicas, álcool etílico 92,8° INPM, um canudo de plástico, corante, cola epóxi (Araldite 10 minutos) e caneta marcadora de CDs.

Em seu procedimento, foi furado o meio da tampa do tubo de ensaio e foi cortada a ponta do canudo em diagonal para facilitar o encaixe no furo da tampa, então foi fixado o canudo há 5 centímetros de sua ponta e vedado com a cola epóxi. Em seguida, foi adicionado o álcool com algumas gotas de corante até próximo ao topo do tubo de ensaio, para enfim encaixar a tampa. Não é necessário adicionar álcool até o topo, pois irá derramar bastante no momento do encaixe da tampa.

Entre outros erros comuns trazidos pelo autor, destaco:

- A escolha do recipiente que será utilizado como bulbo do termômetro, pois deve ser, de preferência, translúcido e pequeno, para que possa ser visto o conteúdo em seu interior com maior facilidade e é interessante o menor volume, pois o

líquido utilizado dependerá da dilatação térmica para que a marcação da temperatura possa ser feita com a maior precisão possível;

- A escolha da cola a ser utilizada para a vedação do canudo junto a tampa do recipiente, pois não deve ser usada qualquer cola, como a cola branca, devido a probabilidade da incorreta vedação do recipiente (a cola branca não adere a superfícies plásticas), acarretando o derramamento no momento em que o líquido dilatar;
- A utilização de muito menos líquido termométrico que a capacidade volumétrica do frasco, pois quando houver a dilatação, uma parte do líquido irá preencher o restante do recipiente, sendo correto que o líquido apenas suba no canudo;
- A marcação durante a calibração com um traço de grande comprimento e/ou sem alinhar o olhar a altura da coluna no interior do canudo, ocasionando possíveis erros grosseiros de paralaxe (erro na escala de graduação).

Um ponto muito importante do procedimento experimental, é a necessidade de um termômetro convencional para que seja possível a calibragem do termômetro montado na sala de aula. Para isso, é necessário que ambos estejam em equilíbrio no interior de um recipiente contendo água gelada (o mais próximo possível de 0 °C), demarcando assim o primeiro ponto da calibração com a caneta marcadora. O segundo ponto pode ser marcado a partir da temperatura corporal, sendo segurado o termômetro convencional até estabilização da marcação da temperatura, para em seguida repetir com o termômetro montado em sala de aula.

Outro ponto que deve ser levado em consideração é que a vida útil do termômetro montado em sala de aula não é muito longa, principalmente no caso da escolha do álcool etílico 92,8° INPM como substância termométrica, devido a sua velocidade de evaporação ser elevada.

Os materiais escolhidos pelo/a professor/a para compor o termômetro podem ser diferentes dos materiais sugeridos, por questões de indisponibilidade na cidade a qual reside e/ou trabalha, porém, é interessante que os materiais utilizados sejam similares aos apresentados no experimento sugerido.

O experimento pode ser testado também em outra condição, onde o bulbo é envolto em uma mecha de algodão, umedecido com água constantemente e exposto à ventilação até que a temperatura marcada seja constante. Dessa forma, pode ser obtida a temperatura de bulbo úmido, correspondente ao eixo y do gráfico psicrométrico de Givoni.

Caso haja sucesso nesse experimento sugerido, poderemos atribuir um valor no eixo x e um valor no eixo y no gráfico psicrométrico de Givoni através da medição da temperatura de bulbo seco e a temperatura de bulbo úmido, encontrando, assim, o ponto correspondente no gráfico.

Os/As gestores/as escolares podem ser auxiliados com o estudo da eficácia do uso de termômetros “caseiros” como o sugerido, com o fim de observar em que ponto do gráfico psicrométrico de Givoni a temperatura de bulbo seco e de bulbo úmido está no momento, para tomar a melhor decisão com relação ao método que será utilizado para manter a temperatura da sala de aula o mais próximo possível do conforto térmico. Com isso, poderá também haver impactos econômicos, como a redução do valor da conta de luz devido a maior utilização da ventilação cruzada ao invés da utilização ininterrupta de aparelhos de ar-condicionado.

Os/as professores/as de ciências da natureza também são beneficiados/as com a adoção de experimentos como o do termômetro, pois com isso, estarão trabalhando com métodos de ensino, como o ensino por investigação, além de trazer uma aplicação para o conhecimento teórico construído pelos/as estudantes durante as aulas.

Devido à complexidade de assuntos como os gráficos psicrométricos, o/a professor/a de química, por exemplo, poderá abordar outros temas com o uso de experimentos que constroem um termômetro, como fatores que alteram a velocidade das reações, para turmas de química geral (ou química inorgânica); a termodinâmica, para turmas de físico-química, além de reações orgânicas, para turmas de química orgânica.

3 (IN) CONCLUSÕES

A temática do desconforto térmico em sala de aula, apesar de muito importante para o processo de ensino e aprendizagem, tem sido pouco estudada até o momento, o que dificulta o levantamento de dados anteriores para um estudo mais aprofundado sobre o tema. Em contrapartida, encontramos materiais relacionados, a exemplo alguns da arquitetura, bioclimatologia, psicologia, entre outras áreas de estudo, que possibilitam fazer reflexões a respeito do tema.

O estudo realizado neste trabalho possibilitou compreender que as condições térmicas de uma sala de aula podem interferir no desempenho de professores e na aprendizagem de estudantes. As reflexões daqui derivadas indicaram que quando um ambiente térmico não se situa na zona de conforto, há comprometimentos no processo de aprendizagem, por isso a medição da temperatura do ar e da umidade são importantes para intervir quando essas condições térmicas não se encontram em nível adequado. Nesse sentido, a gestão escolar tem uma atuação importante para minimizar esses efeitos e propiciar um ambiente mais favorável.

A partir deste trabalho traz como possibilidade de contribuições futuras, o estudo do Gráfico Psicrométrico de Givoni com o objetivo de aplicar seus conceitos em sala de aula e auxiliar a gestão escolar na tomada de medidas para o controle da temperatura do espaço intraescolar em níveis aceitáveis. Também é esperado que haja estudos futuros que utilizem experimentos a fim de trazer benefícios a mais partes, como professores/as de ciências da natureza.

Ressaltamos a necessidade de mais estudos que visem o aprofundamento não apenas nas ciências da natureza e na educação, mas também em outras áreas de pesquisa relacionadas ao tema, como a biologia, pois, como foi trazido ao longo do trabalho, há graves danos à saúde quando o organismo é exposto a espaços onde o desconforto térmico - entre outros fatores - é constante, o que contribui para a degradação da saúde do profissional da educação. A psicologia também é outra área que pode contribuir e aprofundar mais o tema, pois o impacto do desconforto térmico na aprendizagem também é comprovado, apesar de não serem conhecidos valores reais que tratam do nível de comprometimento do desempenho acadêmico de estudantes.

Por fim, apesar da carência de estudos nessa linha de pesquisa, consideramos que as reflexões abordadas são de muita relevância para professores/as e para a gestão a fim de buscar um ambiente adequadamente térmico e confortável, favorável ao bom desempenho docente e à aprendizagem dos/as estudantes. Além disso, as sugestões trazidas podem ser adotadas pela gestão escolar e pelos/as professores/as de ciências da natureza - principalmente a realização do experimento para a construção de um termômetro - para identificar e minimizar possíveis problemas de desconforto térmico em sala de aula. Mesmo que resultados reais ainda sejam necessários em pesquisas futuras, as contribuições já são relevantes, sobretudo quando consideramos um cenário onde havia antes carência de sugestões para a adequação da temperatura de salas de aula.

REFERÊNCIAS

- ABRUCIO, F. L. Gestão escolar e qualidade da Educação: um estudo sobre dez escolas paulistas. **Estudos & Pesquisas Educacionais**, São Paulo, n. 1, p. 241-274, maio 2010.
- BATISTA, J. B. V.; CARLOTTO, M. S.; COUTINHO, A. S.; PEREIRA, A. M.; AUGUSTO, L. G. S. O ambiente que adocece: condições ambientais de trabalho do professor do ensino fundamental. **Caderno de Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, n. 18, p. 234-242, 2010.
- BATIZ, E. C.; GOEDERT, J.; MORSCH, J. J.; KASMIRSKI-Jr, P. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Produção**, v. 19, n. 3, p. 477-488, 2009.
- BECKER, F. **Educação e construção do conhecimento**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2001.
- BRAGHIROLI, Elaine M. et al. **Psicologia geral**. 25 ed. Petrópolis: Vozes, 2005.
- BOCK, A. M. B.; FURTADO, O.; TEIXEIRA, M.L. T. **Psicologias**: Uma introdução ao Estudo de Psicologia. 13. ed. São Paulo: Editora Saraiva, 1999.
- COÊLHO, S. P. O. S. **Análise das diretrizes e soluções bioclimáticas adotadas em projetos arquitetônicos no Brasil** - em foco a cidade do Recife. 2006. 208 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Energéticas e Nucleares) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.
- FERREIRA, A. C. C. **A Importância da Infraestrutura na Escola Pública**: Visão Geral da Importância Estrutural no Ambiente Pedagógico. 2017. 16 f. Relatório Técnico (Bacharelado em Administração) - Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda.
- FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual do Conforto Térmico**: Arquitetura, Urbanismo. São Paulo: Studio Nobel, 2003.
- GIVONI, B. Comfort climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**. Los Angeles. 1991.
- HUFFMAN, Karen et al. **Psicologia**. Tradução de Maria Emilia Yamamoto. São Paulo: Atlas, 2003.
- KOWALTOWSKI, D. C. K. **Divulgação do Conhecimento em Conforto Ambiental**. São Paulo, ENTAC, 2001.
- LA TAILLE, Y. **Piaget, Vygotsky, Wallon**: teorias psicogenéticas em discussão. São Paulo: Summus, 1992.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. São Paulo: Eletrobras/Procel, 2014.

LEVANTAMENTO da Infraestrutura Escolar. Tribunal de Contas de Pernambuco (TCE-PE). Pernambuco, 2021. Disponível em: <<https://datastudio.google.com/u/0/reporting/65b2a20f-fb9d-43e1-aba6-064235389e35/page/3vwMC>>. Acesso em: 27/10/2021.

MARTINS, M. S. **Interação entre fatores climáticos e um recinto localizado na cidade de Recife**: estudo teórico-experimental. 2002. 109 f. Dissertação (mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

MEDEIROS, R. M.; KOZMHINSKY, M.; HOLANDA, R. M.; SILVA, V. P. Temperatura média do ar e suas flutuações no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**. v. 2, n. 1. 2018.

NASCIMENTO, R. C.; SILVA, J. B. S.; VASCONCELOS, T. L.; FRANÇA, R. S. Variabilidade Espacial de Parâmetros Meteorológicos e do Conforto Térmico em Recorte Urbano com Diferentes Configurações Paisagísticas, Recife-PE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 1, p. 9-21, 2019.

OLIVEIRA, C. D.; SOUZA, J. A. Professor, por que meu termômetro não funciona? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 435-468, ago., 2011.

OLIVEIRA, S. Utilização do índice de bulbo úmido e termômetro de globo no ensino de transferência de calor para cursos de graduação na área de exatas. **ForScience**, v. 6, n. 3, p. 1-14, dez., 2018.

PORTILHO, T. M.; OLIVEIRA, J. C. E.; CARVALHO, N. A.; JARDIM, A. H. Variações de Temperatura e Umidade do Ar em Área Urbana: o Parque Ursulina de Andrade Mello no Bairro Castelo, Região da Pampulha, Belo Horizonte-MG. IN: VARIABILIDADE E SUSCETIBILIDADE CLIMÁTICA: IMPLICAÇÕES ECOSSISTÊMICAS E SOCIAIS, 12, 2016. **Anais...**, Goiânia-GO, 2016.

SANTOS, J. O. S. **O (des)conforto térmico na sala de aula**: dificuldades de aprendizagem. 2018. 95 f. Dissertação (Mestrado em Educação no Semiárido) - Universidade Federal de Alagoas, Alagoas.

SILVA, A. O.; SILVA, E. F. F.; MOURA, G. B. A.; LOPES, P. M. O. Avaliação do Desempenho de Métodos de Estimativa de Evapotranspiração Potencial Para a Região Norte de Recife-PE. **Revista Engenharia na Agricultura**. Minas Gerais, v. 20, n. 2, p. 163-174, mar./abr., 2012.

SKOOG, D. A.; WEST, D. M.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Fundamentos de Química Analítica**. Tradução da 8ª edição norte-americana. São Paulo: Editora Thomson, 2006.

SOARES, J. F. O Efeito da Escola no Desempenho Cognitivo de Seus Alunos. **Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación**, v. 2, n. 2, p. 83-104, 2004.

SOBREIRA, D. B. **Desigualdades no desempenho educacional entre estudantes de escolas privadas e públicas no Brasil**. 2018. 109 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) - Universidade Federal de Viçosa.

TALAIA, M.; SILVA, M.; O ambiente térmico de uma sala de aula influencia os resultados da avaliação de um estudante. **Revista de Formación e Innovación Educativa Universitaria**, v. 9, n, 2, p. 67-76.

VILLAS BOAS, M. Significado da Arquitetura nos Trópicos: Um Enfoque Bioclimático. IN: I Seminário Nacional de Arquitetura nos Trópicos, 1985. **Anais...**, Recife, 1985.

ANEXO A – PEREIRA (2009).

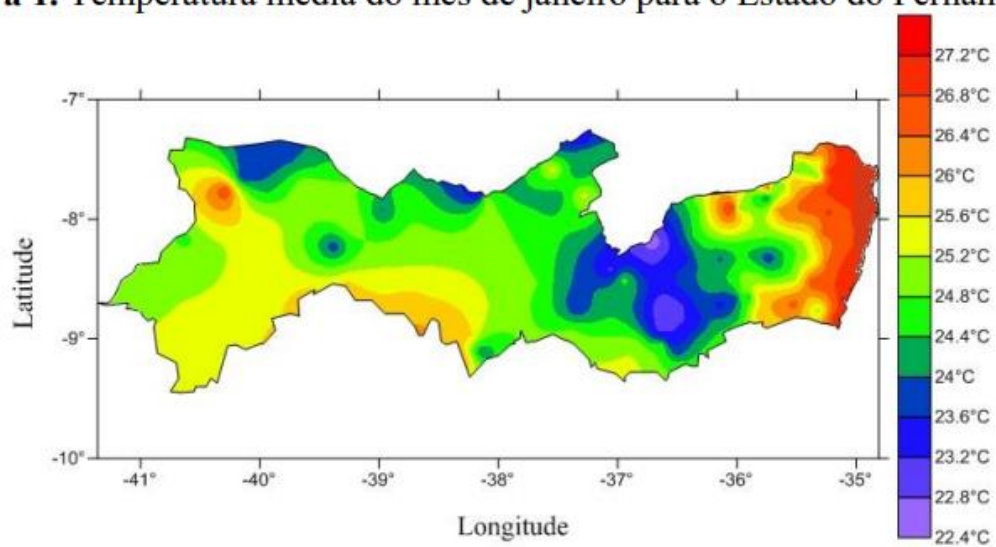
Tabela 1 - Média das variáveis climáticas, da sensação e da insatisfação térmicas das salas de aula de escolas da rede municipal de João Pessoa.

Escolas	Tg (°C)	Tbs (°C)	Tbu (°C)	U (%)	PMV	PPD (%)
1	27,61	27,58	26,81	90	-0,67	14,37
2	26,57	26,67	25,73	90	-1,33	41,72
3	27,66	27,41	24,02	77	-0,8	18,61
4	30,43	30,44	25,74	70	-0,98	25,27
5	27,7	27,53	23,7	75	-1,24	37
6	29,5	29,54	27,94	90	0,56	11,55
7	27,64	27,61	26,87	95	-0,67	14,37
8	29,95	29,92	26,63	75	0,49	9,97
9	27,9	27,86	27,09	92	-0,6	12,45
10	28,75	28,68	24,86	98	-0,22	6,01
11	28,56	28,5	24,94	75	-0,22	6,01
12	30,01	30,13	28,23	88	1,2	35,01
13	27,4	27,42	26,58	92	0,69	15,04
14	29,96	29,84	25,26	70	0,42	8,65
15	29,51	29,22	24,42	70	0,35	7,58
16	27,66	27,58	26,78	95	-0,67	14,37

Fonte: Pereira (2009).

Tg: temperaturas de globo; Tbs: termômetro de bulbo seco; Tbu: termômetro de bulbo úmido; PMV: sensação térmica previsível (predicted mean vote); PPD: pessoas insatisfeitas (predicted percentage of dissatisfied).

ANEXO B – MEDEIROS (2016).

Figura 1. Temperatura média do mês de janeiro para o Estado do Pernambuco.

Fonte: Medeiros (2016).

ANEXO C – OLIVEIRA (2011)

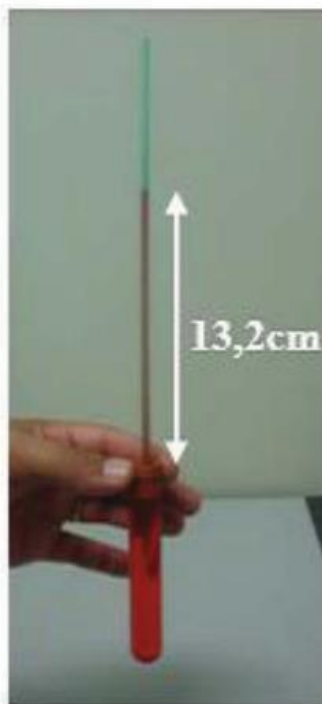


Fig. 14 - Termômetro pronto com a coluna líquida (álcool) inicialmente na posição $h_0 = 13,2\text{cm}$.

ANEXO D – SOBREIRA (2018)

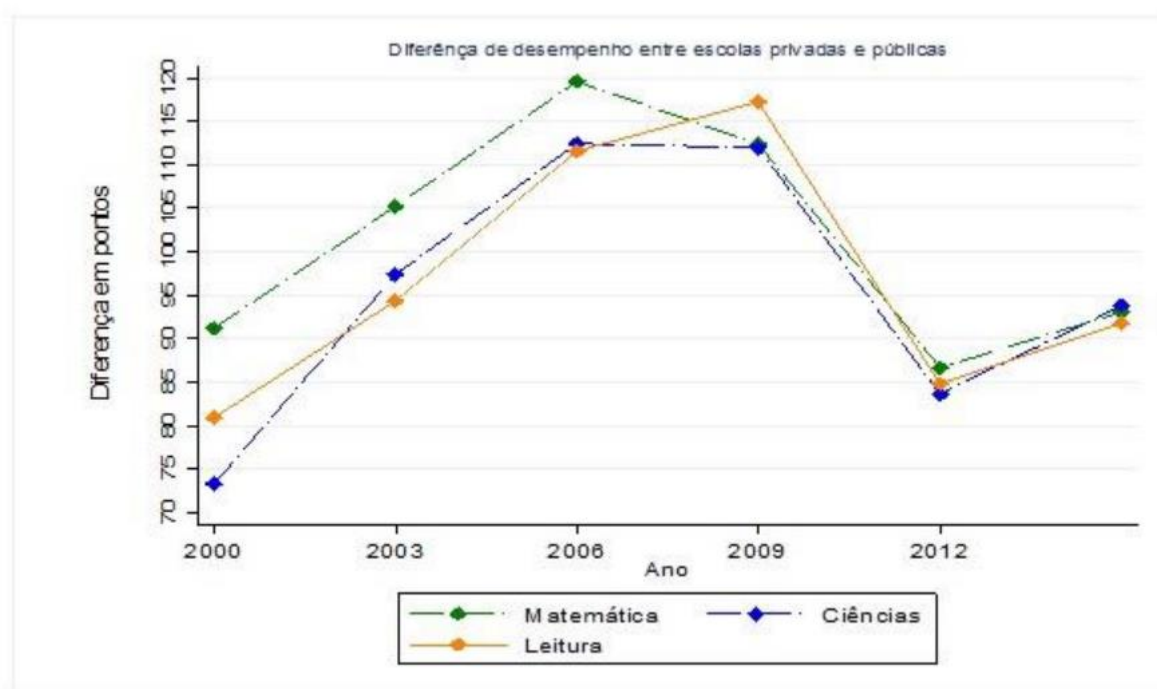


Gráfico 1 - Diferenças médias nos desempenhos entre escolas privadas e públicas - Brasil - 2000 a 2015

Fonte: Elaboração própria, com base nos dados do PISA.