
Contexto ambiental, percepção e desempenho de estudantes

uma análise relacional

Ruan Eduardo Carneiro Lucas
Luiz Bueno da Silva
Eivaldo Lopes de souza

Contexto ambiental, percepção e desempenho de estudantes:

uma análise relacional



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Reitor

VALDINEY VELOSO GOUVEIA

Vice-reitora

LIANA FILGUEIRA ALBUQUERQUE

Pró-Reitor PRPG

GUILHERME ATAÍDE DIAS



EDITORA UFPB

Diretor

REINALDO FARIAS PAIVA DE LUCENA

Chefe de produção

JOSÉ AUGUSTO DOS SANTOS FILHO

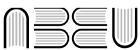
Conselho editorial

Adailson Pereira de Souza (Ciências Agrárias)
Eliana Vasconcelos da Silva Esvael (Linguística, Letras e Artes)
Fabiana Sena da Silva (Interdisciplinar)
Gisele Rocha Côrtes (Ciências Sociais Aplicadas)
Ilda Antonieta Salata Toscano (Ciências Exatas e da Terra)
Luana Rodrigues de Almeida (Ciências da Saúde)
Maria de Lourdes Barreto Gomes (Engenharias)
Maria Patrícia Lopes Goldfarb (Ciências Humanas)
Maria Regina Vasconcelos Barbosa (Ciências Biológicas)

Conselho científico

Maria Aurora Cuevas-Cerveró (Universidad Complutense Madrid/ES)
José Miguel de Abreu (UC/PT)
Joan Manuel Rodriguez Diaz (Universidade Técnica de Manabí/EC)
José Manuel Peixoto Caldas (USP/SP)
Letícia Palazzi Perez (Unesp/Marília/SP)
Anete Roese (PUC Minas/MG)
Rosângela Rodrigues Borges (UNIFAL/MG)
Silvana Aparecida Borsetti Gregorio Vidotti (Unesp/Marília/SP)
Leilah Santiago Bufrem (UFPR/PR)
Marta Maria Leone Lima (UNEB/BA)
Lia Machado Fiuza Fialho (UECE/CE)
Valdonilson Barbosa dos Santos (UFCEG/PB)

Editora filiada à:



Associação Brasileira
das Editoras Universitárias

Ruan Eduardo Carneiro Lucas
Luiz Bueno da Silva
Erivaldo Lopes de souza

**Contexto ambiental, percepção e
desempenho de estudantes:**
uma análise relacional

João Pessoa
Editora UFPB
2020

Direitos autorais 2020 – Editora UFPB
Efetuado o Depósito Legal na Biblioteca Nacional, conforme a
Lei nº 10.994, de 14 de dezembro de 2004.

Todos os direitos reservados à Editora UFPB

É proibida a reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio. A violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610/1998) é crime estabelecido no artigo 184 do Código Penal.

O conteúdo desta publicação é de inteira responsabilidade do autor.

Projeto Gráfico

Editora UFPB

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

C289c Carneiro, Ruan Eduardo

Contexto ambiental, percepção e desempenho de estudantes:
uma análise relacional / Ruan Eduardo Carneiro, Lucas Luiz Bueno da
Silva, Erivaldo Lopes de Souza. - João Pessoa: Editora UFPB, 2020.

292 p. : il.

E-book

ISBN 978-65-5942-064-3

1. Educação - Desempenho. 2. Ambiente de aprendizagem. 3.
Ensino-aprendizagem. 4. Ergonomia. 4. Variáveis ambientais. I. Lucas,
Ruan Eduardo Carneiro. II. Silva, Lucas Luiz Bueno da. III. Souza, Erivaldo
Lopes de. IV. Título.

UFPB/BC

CDU 37

Livro aprovado para publicação através do Edital Nº 01/2020/Editora
Universitária/UFPB - Programa de Publicação de E-books.

EDITORA UFPB

Cidade Universitária, Campus I, Prédio da editora Universitária,
s/n João Pessoa – PB. • CEP 58.051-970

<http://www.editora.ufpb.br>

E-mail: editora@ufpb.br

Fone: (83) 3216-7147

Agradecimentos

Aos nossos pais.

SUMÁRIO

Apresentação.....	8
Capítulo 1 - Contextualização	10
Capítulo 2 - O que é Ergonomia?	28
Capítulo 3 - Entendimento básico sobre condições térmicas.....	42
Capítulo 4 - Entendimento básico sobre qualidade do ar.....	55
Capítulo 5 - Entendimento básico sobre as condições acústicas.....	72
Capítulo 6 - Entendimento básico sobre os aspectos lumínicos	90
Capítulo 7 - Modelos estatísticos relacionais	101
Capítulo 8 - Aspectos cognitivos	114

Capítulo 9 - O experimento.....	124
Capítulo 10 - Conhecendo os ambientes, a amostra, as variáveis ambientais e a percepção ambiental.....	153
Capítulo 11 - Variáveis ambientais, percepção ambiental e desempenho dos estudantes.....	201
Capítulo 12 - Considerações finais.....	258
Referências.....	266

Apresentação

Caro leitor, você já parou para pensar quantas vezes nos deparamos com ambientes desconfortáveis? Inúmeras vezes vamos em um local e ele está quente. Vamos em outro e ele está barulhento. Vamos em outro e ele está com a iluminação deficiente. Agora reflita sobre outra situação, será que essas condições influenciam no desempenho de uma atividade? Caso você ache que sim, qual tamanho dessa influência? Agora traga todo esse cenário para a área educacional, em que os estudantes utilizam constantemente o aspecto cognitivo. Será que o contexto ambiental repercute no processo de ensino-aprendizagem? Diante desses questionamentos faço-lhe o convite para conhecer este livro, pois ele possibilitará que compreendas como as variáveis ambientais e a percepção influenciam no desempenho cognitivo de estudantes. Para isso, imaginemos que este livro se trata de um caminho de conhecimento a ser percorrido. No início dessa jornada, você terá oportunidade de conhecer um pouco sobre as variáveis

ambientais, estudar métodos estatísticos e se familiarizar com o aspecto cognitivo. Já no meio desse caminho, você irá se deparar com uma série de experimentos que foram realizados no Brasil e entenderá a complexidade dessa metodologia. Em meio a toda essa jornada, você irá se deparar com o final da estrada, e carregado de todo conhecimento anterior será possível verificar como o contexto ambiental e perceptivo influenciam no desempenho.

CAPÍTULO 1 – CONTEXTUALIZAÇÃO

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) define Ergonomia como sendo a “aplicação das ciências biológicas conjuntamente com as ciências da engenharia para lograr o ótimo ajustamento do homem ao seu trabalho, e assegurar, simultaneamente, eficiência e bem-estar” (MIRANDA, 1980). Logo, caracteriza-se como uma área que permite o estudo do indivíduo, das condições do ambiente de trabalho, e de como esses dois fatores estão associados no desempenho da tarefa.

A Ergonomia, palavra derivada do grego *ergon* [trabalho] e *nomos* [normas, regras, leis], trata-se de uma abordagem sistêmica de todos os aspectos da atividade humana, e pode ser segmentada em três domínios: Física, Cognitiva e Organizacional (IIDA, 2005). Entretanto, como ressalta a International Ergonomics Association (IEA), a evolução dos domínios é algo constante, permitindo o surgimento de novas especialidades. Alcobia (2006) destacou que a ergonomia ambiental, de projeto e desenvolvimento de

produtos, entre outras, são resultados dessa evolução e se caracterizam como novas áreas de estudos.

Entre as novas especialidades encontra-se a Ergonomia Ambiental, evidenciada a partir do avanço das pesquisas em ergonomia, que passaram a destacar os fatores ambientais como condições relevantes e determinantes no conforto e na interação com o trabalho, especialmente no que se refere ao desempenho do ser humano durante a realização da tarefa (IIDA, 2005; KAWADA, 2011).

Segundo Hedge (2000), essa subárea pode ser definida como o estudo científico dos efeitos das condições ambientais no conforto humano, desempenho e saúde. Além disso, também se relaciona com a Ergonomia do Ambiente Construído, e está associada a forma como as pessoas interagem com o ambiente, a partir das condições individuais e organizacionais (SOARES, 2009; VASCONCELOS, 2011).

De acordo com Parsons (2000), existem inúmeras variáveis que compõem o ambiente de trabalho, entre estas, encontram-se o ruído, vibração, luz, calor e frio,

partículas no ar, gases, pressões de ar, gravidade, radiação não ionizante, entre outros. Entretanto, algumas podem apresentar maior capacidade de influência e são consideradas mais importantes, como é o caso das variáveis térmica, acústica, lumínica e qualidade do ar.

Reconhecida essa importância, os estudos científicos envolvendo as variáveis térmicas, acústicas, lumínicas e de qualidade do ar estão mais presentes na literatura, conforme Hygge e Knez (2001); Klatte, Lachmann, e Meis (2010); Lan, Wargocki, e Lian (2011); Hirashima, Assis, e Nikolopoulou (2016); Ricciardi e Buratti (2018); Dunn *et al.* (2018); Hathaway (2018).

A importância dessas variáveis vai além dos aspectos ergonômicos, enquadrando-se nos aspectos de segurança do trabalho. Essa afirmativa é corroborada pela NR-9, que classifica as variáveis térmicas e acústicas como sendo riscos físicos; a qualidade do ar como sendo um risco químico; e as condições lumínicas como risco de acidente (BRASIL, 2014). Essa

classificação amplifica a importância dessas variáveis em um ambiente de trabalho.

O termo Qualidade Ambiental Interna (QAI) é utilizado para representar o impacto conjunto das principais variáveis físicas dentro de um espaço fechado. Esse conjunto de variáveis engloba as condições térmicas, acústicas, lumínicas e de qualidade do ar (ASADI *et al.*, 2017; JALIL *et al.*, 2014; USGBC, 2007; ZUHAIB *et al.*, 2018).

As condições dessas variáveis são importantes para a saúde, conforto e para o desempenho das pessoas que passam longos períodos em ambientes construídos (FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011; VILCEKOVA *et al.*, 2017). Reconheceu-se também que essas variáveis influenciam a motivação dos ocupantes, além de comprometer o desempenho da atividade ou o processo de aprendizagem em ambientes de ensino (ASIYAI, 2014; DA GRAÇA *et al.*, 2007; JAMALUDIN *et al.*, 2016; NIX *et al.*, 2015). Logo, compreender como as principais variáveis estão dispostas nos ambientes

tornou-se um fator importante na busca da otimização ambiental.

Analisar a influência das variáveis ambientais no bem-estar dos ocupantes em diferentes ambientes de trabalho não é algo recente (BELL, 1978; BOWMAN; VON BECKH 1979; FLEMING; GRIFFIN, 1975; GREY, 1971). A premissa também é válida para os ambientes de ensino, desde a década de 60 e 70 foram desenvolvidos estudos para avaliar a qualidade ambiental interna desses espaços (TRICKETT; MOOS, 1973; WALBERG; ANDERSON, 1968).

Esses estudos acerca das variáveis ambientais nos espaços de aprendizagem ganharam notoriedade ao longo dos anos, pois reconheceu-se que a maioria das salas de aula apresentavam condições abaixo das recomendadas e poderiam influenciar o processo de aprendizagem (DAISEY *et. al.*, 2003; VAN DIJKEN *et. al.*, 2006). Comprovando tal cenário, as universidades ao longo dos anos ficaram cada vez mais interessadas em acompanhar a relação existente entre o desempenho das atividades e as condições ambientais, pois

identificou-se uma relação direta entre elas (ASMAR *et al.*, 2014).

Em alguns trabalhos científicos desenvolvidos constatou-se que as condições ambientais influenciavam diretamente a vida dos estudantes. Alguns autores identificaram que as condições dentro das salas de aula influenciavam a saúde, o comportamento e o desempenho dos alunos (ALMEIDA; DE FREITAS, 2015; VILCEKOVA *et al.*, 2017). Nessa linha, Haverinen-Shaughnessy *et al.* (2015) afirmaram que a temperatura, a taxa de ventilação e a higiene de superfícies, estavam correlacionadas com à saúde e ao desempenho dos estudantes.

Além disso, a capacidade de aprendizagem dos alunos é influenciada diretamente pela ausência de boas condições de conforto ambiental (RICCIARDI; BURATTI, 2018). Mais ainda, Pistore *et al.* (2015) afirmaram que qualidade ambiental interna afeta o desempenho dos alunos no presente, com repercussões futuras. Sendo assim, as condições

ambientais além de prejudicar o bem-estar, repercutem no desempenho, comprometendo o processo de ensino-aprendizagem.

1.1 Variáveis ambientais e estudantes: uma problemática

Estima-se que as pessoas gastem em média 90% do seu tempo dentro de algum edifício, seja casa, local de trabalho, lojas, meios de transporte, entre outros (DE GIULI *et al.*, 2012; RUFO *et al.*, 2016; STESKENS; LOOMANS, 2010). Logo, a sociedade atual consome parte do seu tempo em ambientes fechados, no qual a climatização normalmente é feita por dispositivos mecânicos. Porém, em alguns ambientes esse sistema de refrigeração não supre as necessidades dos indivíduos, conduzindo a um desconforto térmico.

Nessa perspectiva, as condições ambientais desses lugares podem trazer danos psicológicos e principalmente fisiológicos aos ocupantes. Situação ratificada por Conceição e Lúcio (2011), quando enfatizaram que a qualidade de ambientes térmicos interiores pode influenciar significativamente na saúde

e no conforto humano. Em consequência, reconheceu-se a qualidade ambiental como fator importante para a saúde, conforto e desempenho das populações, já que nas áreas desenvolvidas do planeta as pessoas passam a maior parte do tempo dentro dos edifícios (WARGOCKI, 2015).

Trazendo essa análise para a área educacional, considera-se que os estudantes passam mais tempo nos prédios escolares do que em qualquer outro local fechado, tornando necessário disponibilizar aspectos ambientais confortáveis (JOHNSON *et al.*, 2018; ZOMORODIAN, TAHSILDOOST, HAFEZI, 2016). Logo, excluindo as casas, são os lugares que professores e alunos passam mais tempo em comparação com qualquer outro ambiente fechado, fazendo com que seja o ambiente interno mais importante a ser estudado (RUFO *et al.*, 2016; YOON *et al.*, 2011).

Nesses prédios escolares ou Instituições de Ensino (IE), os estudantes consomem a maior parte do tempo em ambientes formais de aprendizado, como salas de aula e laboratórios de informática

(RAMPRASAD; SUBBAIYAN, 2017). Tais ambientes, são locais fechados, no qual as oportunidades de adaptação às condições físicas do local são limitadas durante o período de aulas (CORGNATI, ANSALDI, FILIPPI, 2009).

Dessa forma, as condições existentes e o tempo de permanência nesses locais resultam em uma combinação de variáveis que podem influenciar na adaptação ambiental e trazer repercussões negativas aos ocupantes. Tal situação cria um alerta acerca da necessidade de investigação e justifica preliminarmente a importância dessa temática em ambientes de ensino.

A adaptação ambiental é proporcionada por um conjunto de variáveis, que associadas compõem a Qualidade Ambiental Interna (QAI). As principais variáveis são: térmica, acústica, lumínica, e qualidade do ar, que apresentam efeitos notórios sobre a saúde, aceitabilidade e desempenho dos estudantes com impactos consideráveis no processo de ensino-aprendizagem (CASTILLA *et al.*, 2017; DAISEY *et al.* 2003; HUANG *et al.*, 2012; RICCIARDI; BURATTI, 2018;

SARBU; PACURAR, 2015; TURUNEN *et al.*, 2013; WALDRIP; FISHER, 2003; WONG; KHOO, 2003).

Os pesquisadores identificaram ao longo dos anos que os ambientes de ensino apresentavam problemas de QAI (ALMEIDA; DE FREITAS, 2014). Contudo, foi a partir do ano de 1970, com o surgimento da teoria de Fanger e desenvolvimento dos índices de avaliação do conforto térmico, que os pesquisadores abriram os olhos para essa problemática. A partir disso, identificou-se um crescimento nos estudos de campo em ambientes educacionais (ZOMORODIAN, TAHSILDOOST, HAFEZI, 2016).

A análise em ambientes de ensino primário e secundário surgiu no final na década de 1960, enquanto que a pesquisas em ambientes universitários iniciou-se no início da década de 1990 (ZOMORODIAN, TAHSILDOOST e HAFEZI, 2016). A diferença de aproximadamente trinta anos, resultou na concentração de pesquisas em ambientes com adolescentes e pré-adolescentes. Entretanto, nos últimos vinte anos, acendeu-se um novo alerta acerca

da necessidade de mais pesquisas em ambientes de ensino superior, composto por adultos.

A teoria de Fanger está associada a térmica, que por sua vez é considerada a variável mais estudada entre aquelas que compõe a QAI, e se faz mais presente na literatura em função da sua relação direta com o bem-estar de alunos e professores (CORGNATI *et al.*, 2009; DIAS PEREIRA *et al.*, 2014; FABBRI, 2013; HADDAD *et al.*, 2017; HWANG *et al.*, 2006; MARCHAND *et al.*, 2014; MISHRA; MORS *et al.*, 2011; MUMOVIC *et al.*, 2009; PUTEH *et al.*, 2012 TELI *et al.*, 2012; RAMGOPAL, 2014; YUN *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2014; WANG *et al.*, 2017; ZAKI *et al.* 2017).

Além disso, também impacta no desempenho acadêmico, comprometendo o processo de ensino aprendizagem (BAKÓ-BIRÓ *et al.*, 2012; SARBU; PACURAR, 2015; SINGH *et al.*, 2018; TOFTUM *et al.*, 2015; WARGOCKI; WYON, 2007). Fato destacado por Batiz *et al.* (2009), ao comprovarem que na condição de neutralidade (conforto térmico) os alunos

apresentavam bom desempenho nos testes de atenção e memória.

Em contrapartida, condições térmicas insatisfatórias ocasionam desconforto térmico, influenciando negativamente o desempenho de aprendizagem (JIANG *et al.*, 2018; ZOMORODIAN, TAHSILDOOST e HAFEZI, 2016). O desconforto térmico é um cenário que busca ser evitado, entretanto, acontece quando os indivíduos têm um tempo restrito para se adaptarem às condições propostas, ou quando as características físicas do ambiente são desfavoráveis e contribuem negativamente (ZAKI *et al.*, 2017).

Com relação a adaptação térmica, um aspecto importante é o próprio indivíduo, que não se caracteriza mais como um receptor passivo do ambiente térmico, e sim um agente ativo se acostumando com o ambiente através de comportamentos adaptativos para melhorar sua saúde, desempenho e conforto (WANG *et al.*, 2014). Logo, a percepção acerca das condições ambientais faz com

que o próprio organismo busque maneiras de manutenção ou adaptação.

Essa situação evidencia a importância da percepção do usuário nessa temática e justifica a necessidade da análise subjetiva nas investigações ambientais. A percepção é algo subjetivo, em que fatores pessoais e psicológicos tendem a influenciá-la diretamente (MORS *et al.*, 2011). Ou seja, os indivíduos que ocupam o mesmo ambiente, pertencendo a uma mesma cultura e submetidos ao mesmo clima, tendem a indicar opiniões diferentes com relação ao conforto devido à combinação de fatores pessoais que afetam a percepção (DJONGYANG *et al.*, 2010). Portanto, em ambientes similares e submetidos às mesmas condições físicas os usuários tendem a apresentar opiniões diferentes.

Outra variável importante na análise ambiental é a acústica. Segundo Pääkkönen *et al.* (2015), a acústica nos ambientes de ensino deve apoiar a aprendizagem através da disseminação das ondas sonoras necessárias e da prevenção de ruídos indesejados.

Comprova-se essa situação mediante a existência de uma relação direta entre o bom ambiente acústico e o bom desempenho escolar (HODGSON, 1999; KLATTE *et al.*, 2010; SHIELD *et al.*, 2015).

Além disso, evidências mostram que a falta de acústica da sala, como ruído excessivo e reverberação, reduz a inteligibilidade da fala em uma sala de aula e interrompe a comunicação verbal entre professores e alunos (HYGGE, 2003). Dessa forma, a fim de superar os problemas acústicos existentes na sala de aula e melhorar a inteligibilidade da fala, o tratamento acústico em sala de aula é uma forma eficaz de melhorar a qualidade da aprendizagem e os resultados da aprendizagem (YANG; MAK, 2017).

Fica evidente o quanto essa variável também pode influenciar no desempenho dentro dos ambientes de ensino. Vários estudos corroboram essa influência, principalmente quando se trata do aprendizado e do bem-estar dos alunos nas salas de aula das universidades (SCANNELL *et al.*, 2014). Logo, é possível afirmar que alunos e professores, diante de

boas condições acústicas, são os principais beneficiários (ASTOLFI; PELLEREY, 2008).

Outra variável a ser destacada é a qualidade do ar. Nas últimas décadas, identificou-se que as instalações educacionais estão entre os prédios que apresentam altas concentrações de poluentes. Isso acontece em virtude da maior densidade de ocupantes e devido ao aumento do movimento de estudantes durante os intervalos e ao mudar de sala de aula (AL-HUBAIL; AL-TEMEEMI, 2015).

A qualidade do ar está intimamente associada ao sistema de ventilação presente no ambiente. Para Asif, Zeeshan e Jahanzaib (2018), um sistema de ventilação é essencial para manter os níveis dentro dos limites aceitáveis, haja vista que a concentração dos poluentes está relacionada com o sistema de ventilação existente. Além disso, Daisey *et al.* (2003) constataram que um sistema de ventilação inadequado aumenta a proliferação de poluentes e acarreta em problemas de saúde. Sendo assim, os ambientes de ensino que

apresentam um sistema mecânico ou natural de ventilação devem ser analisados.

Mediante o cenário apresentado, assume-se que a boa qualidade do ar interior também é importante para garantir um melhor desempenho e produtividade dos alunos e professores (RAZALI *et al.*, 2015; ZIMMERMAN, 1999). Reconhecida essa importância, essa variável vem chamando a atenção dos cientistas nos últimos anos e vem causando preocupação acerca da sua influência nos ambientes escolares (JURADO *et al.*, 2014).

A iluminação do ambiente também é considerada um fator importante na análise ambiental (CHUNG; BURNETT, 2000; HWANG; JEONG, 2011; SERGHIDES *et al.*, 2015). Quando em condições inadequadas, seja oriunda de uma fonte natural ou artificial, pode afetar a visão e influenciar no desempenho dos alunos (RAMPRASAD; SUBBAIYAN, 2017). Entretanto, considera-se que a luz não influencia apenas a visão, mas também determina os ciclos para o funcionamento

corporal diário e afeta os níveis de atividade psicofisiológica e o humor (BARKMANN *et al.*, 2012).

O brilho e a cintilação são duas condições importantes. Parsons (2000) afirmou que o primeiro, independente da fonte geradora, pode causar um efeito de distração. Essa afirmativa é relevante, pois a inserção de dispositivos tecnológicos (computadores, tablets, data-show) nos ambientes de ensino trouxe uma nova perspectiva no aspecto visual.

Na última década, os dispositivos tecnológicos tornaram-se essenciais nos ambientes de ensino, fazendo da tecnologia um componente central de muitas salas de aula na forma de equipamentos de audiovisual e computadores (YANG *et al.*, 2013). Tal situação resultou no surgimento de novas fontes de iluminação, e corroborou a necessidade de avaliação das condições lumínicas nos ambientes de ensino.

O exposto anterior apresenta a possível influência das variáveis ambientais no conforto, bem-estar, saúde e desempenho de estudantes. Quando essa influência impacta de maneira negativa, repercute nos

indicadores educacionais e conseqüentemente nos custos sociais. Em decorrência disso, os gestores educacionais passaram a direcionar olhares atentos para essa temática.

Visando auxiliar nesse contexto e aumentar o aporte teórico e científico sobre essa temática, o presente livro busca compreender como as variáveis ambientais e a percepção ambiental influenciam no desempenho de estudantes universitários em ambientes de ensino climatizados de diferentes regiões brasileiras.

CAPÍTULO 2 – O QUE É ERGONOMIA?

A palavra Ergonomia é oriunda das palavras *ergon*, que significa trabalho, e *nomos*, que significa leis ou normas (MÁSCULO; VIDAL, 2011). Esse termo foi utilizado pela primeira vez em meados do século XIX pelo pesquisador Wojciech Jastrzebowski, no trabalho chamado de “Ensaio de ergonomia ou ciência do trabalho, baseada nas leis objetivas da ciência sobre a natureza” (IIDA, 2005). No século seguinte, foi aplicado no desenvolvimento de tecnologia bélicas, recebendo o nome de Engenharia dos Fatores Humanos no Estados Unidos (WILSON, 2000).

Ao longo dos anos o termo ergonomia recebeu várias definições. O Quadro 1 abaixo indica uma evolução história das diversas definições encontradas.

Quadro 1- Definições da ergonomia

“é o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento e ambiente, e particularmente a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução de problemas surgidos desse relacionamento” (IEA,1963)
“é o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, de segurança e eficácia” (WISNER, 1987)
“Qualquer que seja o nome utilizado, o que se pretende é o estudo

dos diferentes aspectos laborais com o propósito de otimizá-los” (LOMOV; VENDA, 1983)
“Ergonomia é o estudo da adaptação do trabalho ao homem” (IIDA, 2005)
A Ergonomia busca modificar os sistemas de trabalho para adequar as atividades nele existentes às características, habilidades e limitações das pessoas com vistas ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro (ABERGO, 2000)
A ergonomia é uma ciência aplicada ao projeto de máquinas, equipamentos, sistemas e tarefas, com o objetivo de melhorar a segurança, saúde, conforto e eficiência no trabalho (DUL; WEERDMEESTER, 2004).
A ergonomia é uma sinergia entre interesses técnicos e multidisciplinares em prol da obtenção de um objetivo previamente estabelecido (WILSON, 2014).

Fonte: Elaboração própria (2019)

Diante das definições apresentadas anteriormente, considera-se que o objetivo dessa disciplina é otimizar deficiências e adequar as condições do ambiente de trabalho, nos mais variados aspectos, às características antropométricas e psicológicas do usuário. Além disso, procura condições para proporcionar a satisfação das necessidades humanas no ambiente de trabalho, incluindo promoção de saúde e de bem-estar (GRANDJEAN, 1988).

A ergonomia pode ser aplicada em diferentes segmentos produtivos e em diferentes ambientes de trabalho, por exemplo: doméstico, industrial, hospitalar, escolar, entre inúmeros outros. Em alguns ambientes, as condições estruturais, organizacionais e ambientais, são inadequadas e tendem a ser ineficientes, tornando necessária a aplicação das técnicas ergonômicas na solução dos problemas (IIDA, 2005).

Diante desse cenário, fica a cargo de pesquisadores e profissionais dessa área otimizar os sistemas e melhorar o bem-estar humano nesses locais (IEA, 2016). De acordo com Rebelo (2017), independente do ambiente, existem aspectos fundamentais que devem ser analisados:

- **O Homem:** nas suas características físicas, cognitivas, sociais e na influência do sexo, idade, competências e motivação na interação do meio;

- **O envolvimento físico:** englobando as dimensões dos espaços, as características, por

exemplo, das máquinas, ferramentas, eletrodomésticos, veículos automóveis;

- **O envolvimento ambiental:** abrangendo a temperatura, o ruído, a iluminação, as vibrações, os gases, as poeiras, os vapores e outros, que estão presentes no momento da interação.

- **O envolvimento comunicacional e/ou informacional:** referente a informações apresentadas, comunicações existentes dentro do sistema, e consequências no decurso do processamento e tomada de decisão.

- **O envolvimento organizacional:** integra aspectos relacionados com horários, turnos de trabalho, equipas de trabalho, ritmos de trabalho, autonomia e responsabilização dos trabalhadores.

- **O envolvimento emocional:** inclui as reações emocionais das pessoas antes, durante e após a interação, procurando compreender as situações que estão na origem de experiências de utilização positivas.

- **Os modos operatórios:** traduzidas nas estratégias colocadas em jogo pelo homem no decorrer da interação com os elementos do sistema.

- **As consequências para o sistema:** que se traduzem na produtividade, nomeadamente a nível da quantidade e qualidade do produto final, ou erros que possam compreender a segurança do sistema.

- **As consequências para o utilizador ou operador:** em termos de fadiga, problemas físicos, psicológicos ou sociais, decorrentes de condições inadequadas de interação.

Esses aspectos mostram que a temática é abrangente. Em função disso, e buscando nortear os pesquisadores, a IEA (2016) subdividiu a Ergonomia em três especificações ou domínios clássicos:

- **Ergonomia Física:** relacionada com os aspectos fisiológicos dos indivíduos que interferem diretamente no desenvolvimento do trabalho, tais como: fisiologia, anatomia, estudo das condições de adequação do posto de trabalho, sistemas de saúde, segurança do trabalho (IEA, 2016).

• **Ergonomia Cognitiva:** estuda a interação entre os processos mentais individuais e os outros elementos do sistema. Neste campo estão associados os assuntos relativos à carga de trabalho, memória, percepção, tomada de decisão e interface homem-computador (IEA, 2016).

• **Ergonomia Organizacional:** tem aplicação nas áreas de interação entre o indivíduo como o ambiente organizacional. Os assuntos abordados neste campo podem ser listados como: gestão da qualidade, trabalho em equipe, organização do trabalho, políticas, entre outros (IEA, 2016).

Com a evolução das formas de trabalho, caracterizado pela implantação dos recursos tecnológicos e introdução de novos métodos no desenvolvimento das tarefas, surgiram novas subdivisões da ergonomia. Parsons (2000); Másculo e Vidal (2011); Pereira e Alcobia (2006) citaram outras classificações:

• **Ergonomia Ambiental:** relacionada com os aspectos ambientais que influenciam no

desenvolvimento e na segurança do trabalho individual.

- **Ergonomia de projeto e desenvolvimento de produtos:** aplicada no desenvolvimento de projetos para que os mesmos tenham subsídios dos conhecimentos ergonômicos.

- **Ergonomia Preventiva:** relacionada com a área de Higiene e Segurança do Trabalho, tem como objetivo auxiliar nos processos de gestão e controle dos ambientes laborais, visando a segurança e o conforto dos indivíduos.

- **Ergonomia de necessidades especiais:** pretende auxiliar no processo de projeto de produtos para indivíduos com necessidades especiais.

- **Antropometria:** estudo das características métricas de populações que serão incorporadas aos projetos de produtos e postos de trabalhos.

- **Fisiologia e biomecânica:** visa minimizar o risco de ocorrências de doenças ocupacionais mediante a análise das atividades realizadas pelos indivíduos em período laboral. Este campo de estudo pretende

adequar o trabalho às limitações e capacidades físicas dos indivíduos.

2.1 Ergonomia Ambiental

A Ergonomia Ambiental é considerada uma das especializações da Ergonomia, sendo derivada do domínio da Ergonomia Física referido pela IEA. Esse termo foi designado para indicar o foco de estudo sobre uma variedade de condições ambientais, que afetam a capacidade dos seres humanos em realizar seu trabalho (HODGDON *et. al.* 1998).

Ao realizar um trabalho ou tarefa, as pessoas estão inseridas em um sistema produtivo, organizado, mas que apresentam um conjunto de aspectos que podem influenciar no desempenho da atividade. Parsons (2000) indicou que as pessoas nesses sistemas operam dentro de um ambiente, e a Ergonomia Ambiental está preocupada com a forma como elas interagem com as condições físicas desse lugar (luz, ruído, calor, frio, etc.) sob a perspectiva ergonômica.

Vasconcelos *et al.* (2011) explanaram que essa especificação também é conhecida como Ergonomia do

Ambiente Construído, sendo uma vertente que analisa a relação do homem com o ambiente, a partir dos aspectos sociais, psicológicos, culturais e organizacionais. Logo, os autores indicam que três grupos de elementos são de fundamental importância no processo de avaliação dos ambientes:

- **Aspectos técnicos e materiais:** concepção espacial, layout, conceitos dimensionais, mobiliário, materiais de revestimento e conforto ambiental;

- **Aspectos organizacionais:** recursos humanos, normas e procedimentos que disciplinem a organização do trabalho;

- **Aspectos psicológicos:** percepção do usuário, fronteiras dos espaços, comunicação humana e estética.

A interação que existe entre o usuário e as variáveis ambientais, caracterizadas por grandezas como: ambiente térmico (temperatura, umidade, radiação), ruído, vibrações, luminosidade, pressão, radiação, é o principal enfoque dessa temática (ISMAILA; SAMUEL, 2014; PEREIRA; ALCOBIA, 2006).

Sintetizando, Karwowski (2006) indica que as principais variáveis que influenciam nos estudos na área da Ergonomia Ambiental são:

- Calor, frio e temperatura;
- Iluminação natural e artificial;
- Qualidade acústica e Ruído;
- Vibração;
- Qualidade do ar;
- Gases;
- Altitude e pressão atmosférica;
- Radiação não ionizante.

Essas variáveis apresentam influência direta no usuário, trazendo uma sensação de conforto/desconforto que pode comprometer o desempenho da tarefa. Segundo Bins Ely e Turkienicz (2005), esses aspectos são de suma importância para realização de atividades de forma eficaz, pois um ambiente com fatores físicos adequados diminui o esforço na realização das tarefas, não compromete a saúde, reduz a insatisfação e otimiza o desempenho dos usuários.

Dessa forma, a Ergonomia Ambiental a partir da análise da interação entre o usuário e os fatores do ambiente, busca proporcionar o conforto ambiental, estado que certifica a qualidade ambiental interna e proporciona as melhores condições para desempenho da atividade.

2.2 Qualidade Ambiental Interna (QAI)

Nimlyat, Kandar e Sediadi (2018) explanaram que a qualidade ambiental interna (QAI) refere-se à condição interna de um edifício relacionada à saúde e o bem-estar dos ocupantes. Isto é, as características das variáveis ambientais vão proporcionar condições satisfatórias ou insatisfatórias para o desempenho das atividades.

Bluyssen (2010), indicou que a QAI surgiu como um indicador de desempenho, relacionando o conforto dos ocupantes com os fatores ambientais. Esse indicador permite compreender o ambiente sob o ponto de vista do usuário, além de avaliar se os ocupantes estão indevidamente expostos a fatores

ambientais, que podem levar a efeitos negativos à saúde (PATINO; SIEGEL, 2018).

Quando se fala em fatores ambientais, refere-se aos seguintes parâmetros: qualidade do ar interna, qualidade térmica, qualidade de iluminação, qualidade de som, qualidade de odor interno e qualidade de vibração (NIMLYAT, KANDAR, SEDIADI, 2018 *apud* HEALTHY HEATING). Entretanto, atinge-se o conforto ambiental mediante otimização das variáveis mais importantes: temperatura, acústica, iluminação e qualidade do ar interno (ASADI *et al.*, 2014; SAKHARE; RALEGAONKAR, 2014).

Para Corbella e Yannas (2003), uma pessoa encontra-se confortável em um ambiente quando se sente em neutralidade com as condições físicas existentes. Essa condição é obtida a partir da otimização conjunta das variáveis ambientais, que possibilita uma ambientação eficiente, impactando no bem-estar, e garantindo a eficácia no desenvolvimento da tarefa (COUTINHO, 2005; ETTINGER, 1964; IIDA, 2005; MASCULO; VIDAL, 2011; MIGUEL, 2014).

A QAI também pode ser compreendida a partir do Conforto Ambiental, que é uma condição relacionada à sensação de satisfação, bem-estar e contentamento dos indivíduos com relação às condições existentes. Logo, pode ser definido como o ajustamento do indivíduo ao ambiente resultando em uma condição de satisfação percebida (ASHRAE, 2004).

Pereira e Alcobia (2006) explanam que esse conforto tem por objetivo adequar às condições ambientais e as necessidades humanas aos projetos construtivos de acordo com as diretrizes elaboradas pela Ergonomia. A adequação de fatores como: temperatura do ar, umidade relativa, taxa de ventilação, iluminação e ruído são requisitos que influenciam o bem-estar e performance dos usuários, com impactos diretos na incidência dos sintomas de saúde (DASCALAKI *et al.*, 2009).

No que tange ambientes de ensino superior, identifica-se a falta de estudos que investiguem o impacto do ambiente físico na saúde, aprendizagem e desempenho acadêmico dos alunos (HILL; EPPS, 2009;

MARCHAND *et al.*, 2014; YANG *et al.*,2018). Tal constatação é importante, pois fornecer um ambiente confortável, com alto nível de qualidade ambiental interna, resulta em ambientes saudáveis e possibilita o aumento da produtividade dos estudantes (HAVERINEN-SHAUGHNESSY *et al.*, 2015; LEE *et al.*, 2012; LOFTNESS *et al.*, 2007; TURUNEN *et al.*, 2013).

CAPÍTULO 3 – ENTENDIMENTO BÁSICO SOBRE CONDIÇÕES TÉRMICAS

Como destacado anteriormente, a análise das condições térmicas está muito presente na literatura em virtude da relação direta com o bem-estar dos estudantes e desempenho acadêmico (BAKÓ-BIRÓ *et al.*, 2012; SARBU; PACURAR, 2015; TOFTUM *et al.* 2015; WARGOCKI; WYON, 2007). No Brasil o cenário é parecido, de Abreu-Harbich, Chaves e Brandstetter (2018) constataram que nas instituições de ensino superior existe um desempenho térmico insatisfatório que repercute na percepção e desempenho dos alunos.

Em decorrência desse contexto, os estudos das condições térmicas em ambientes de ensino é algo recorrente e apresenta constante atualização literária. Os trabalhos desenvolvidos por Lee *et al.* (2012); Singh e Ismail (2012); Dias Pereira *et al.* (2014); Katafygiotou e Serghides (2014); Hussin, Ismail e Ahmad (2013); Wang *et al.* (2014); Marchand *et al.* (2014); Zaki *et al.* (2017); Mishra *et al.* (2017) e Hamzah *et al.* (2018) corroboram essa afirmativa e mostram como se analisa

o ambiente sob o ponto de vista das condições térmicas.

Mediante análise dos trabalhos citados anteriormente e outros mais antigos (CAO *et al.*, 2011; BURATTI; RICCIARDI, 2009; CENA; DE DEAR, 2001; CONCEIÇÃO; LÚCIO, 2011; CORGNATI, ANSALDI e FILIPPI, 2009; DJONGYANG, TCHINDA e NJOMO, 2010; FANGER; TOFTUM, 2002; HUMPHREYS, 1994; HWANG, LIN e KUO, 2006; INDRAGANTI, 2010; KHOO, 2003; MALLICK, 1996; PUTEH *et al.*, 2012; TER MORS *et al.*, 2011; WANG, 2006) identificou-se um certo padrão no estudo dessas variáveis.

O padrão identificado está subdividido em quatro vertentes: (I) A primeira, consiste na mensuração objetiva das variáveis térmicas (Temperatura do ar, ventilação do ar, umidade relativa, etc). A segunda (II), consiste na identificação dos parâmetros subjetivos, ou seja, percepção dos usuários acerca das condições existentes. A terceira (III), normalmente associada a vertente anterior, consiste na identificação das variáveis pessoais (Idade, peso, sexo,

vestimenta utilizada, etc). A última vertente (IV) consiste na aferição do desempenho dos estudantes, que pode ser uma avaliação subjetiva (desempenho auto-referido) ou aplicação de testes cognitivos. Além disso, a análise da literatura permitiu identificar que a avaliação térmica dos ambientes de ensino acontece com base na norma ISO 7730/2005 mediante utilização dos índices normativos desenvolvidos por Fanger (1970).

Para corroborar os achados, Zomorodian, Tahsildoost e Hafezi (2016) desenvolveram uma revisão sistemática acerca dos estudos do conforto térmico em ambientes de ensino. Eles constataram que 85% dos estudos utilizavam o modelo racional, ou seja, utilizavam os índices normativos desenvolvidos por Fanger (1970) para avaliação do conforto térmico. Além disso, constataram que todas as pesquisas eram subdivididas em objetivas, com a medição dos principais parâmetros (Temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar, temperatura radiante, isolamento da roupa do usuário e taxa metabólica); e

subjetiva, com avaliação das preferências e sensações térmicas baseadas em escalas descritivas (Escala ASHRAE; Escala Bendford ou McIntyre).

Portanto, para que fosse possível um aprofundamento nos estudos dessa temática e entender as nomenclaturas e procedimentos destacados anteriormente, tornou-se necessário compreender alguns pontos: Conforto térmico; Modelo de Fanger; e algumas normas importantes para essa temática.

3.1 Conforto térmico

Segundo Bernardi e Kowaltowski (2006), o conforto ambiental está ligado à efetividade dos fatores térmicos, lumínicos e acústicos. Ou seja, a forma como as condições térmicas, acústicas e de iluminação estão sendo disponibilizadas vai indicar a existência ou não da condição de conforto para o indivíduo no ambiente. Entretanto, ressalta-se que as particularidades de cada ocupante também afetam na percepção de conforto. Prova disso, é que Frota e Schiffer (2001) indicaram

que essa condição é resultado de uma série de variáveis que se dividem em humanas e ambientais.

Como mencionado anteriormente, as condições térmicas consistem em um dos fatores que impactam no conforto ambiental. Tais condições podem ser representadas pelo conforto térmico, que consiste em um estado psicológico em que o indivíduo apresenta contentamento com os parâmetros termoambientais do local no qual está inserido. A ASHRAE (2010) por sua vez, o definiu como sendo uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. Com a existência dessa condição, os ocupantes tendem a desempenhar suas atividades de forma mais precisa e eficiente, influenciando benéficamente o seu desempenho.

Segundo Coutinho (2005), o conforto térmico necessita de três condições para ocorrer: neutralidade térmica, que consiste em manter a temperatura neutra do corpo humano constante; taxa de suor liberada sobre a pele e a temperatura da pele têm que ser compatíveis com a atividade realizada; e por último, o

indivíduo não pode estar sendo submetido a nenhum desconforto localizado, ou seja, nenhuma parte do corpo pode estar submetida a uma fonte constante ou intermitente de fluxos térmicos. O Quadro 2 mostra os parâmetros de natureza pessoal e ambiental que influenciam o estado de conforto.

Quadro 2 - Variáveis que influenciam no conforto

Natureza	Variáveis
Ambiental	Temperatura de bulbo seco (°C) Temperatura radiante média (°C) Velocidade do ar (m/s) Umidade do ar (K/Pa)
Pessoal	Atividade desempenhada (W/m ²) Resistência térmica das roupas (clo)

Fonte: Elaboração própria (2019)

Com relação aos parâmetros pessoais, a atividade desempenhada pelo indivíduo vai influenciar na taxa metabólica (Tabela 1); e a resistência térmica da roupa (Tabela 2), dada em clo, vai influenciar nas trocas térmicas entre o corpo e o ambiente. Com relação aos parâmetros ambientais, eles estão descritos na norma ISO 7726 (1998) e estão detalhados no Quadro 3.

Tabela 1- Exemplificação da taxa metabólica para diferentes atividades

Atividade	Metabolismo (W/m²)
Reclinado	46
Sentado, relaxando	58
Atividades sedentárias	70
Atividades sedentárias	93
Trabalhos domésticos	116
Caminhando em local plano a 2 Km/h	110
Caminhando em local plano a 4 Km/h	165
Caminhando em local plano a 5 Km/h	200

Fonte: Adaptado ISO 7730/2005

Tabela 2 - Valores do isolamento térmico das roupas

Atividade	ICL (clo)	ICL (m².°C/W)
Cueca, camiseta sem manga, short, meias leves e sandálias	0.18	0.028
Cueca, bermuda, camiseta de manga curta, sapatos	0.26	0.040
Cueca, calça leve, camisa leve de manga compridas, meias e sapatos.	0.35	0.054
Calcinha, sutiã, sapatos, saia curta leve e blusa leve de mangas curtas	0.25	0.039
Calcinha, sutiã, sapatos, vestido leve sem mangas	0.31	0.048
Calcinha, sutiã, sapatos, calça leve e blusa leve	0.35	0.054
Calcinha, Sutiã + meia calça,	0.41	0.063

sapatos, vestido leve sem mangas		
----------------------------------	--	--

Fonte: Adaptado Coutinho (2005)

Quadro 3 - Parâmetros ambientais

Parâmetros	Descrição
Temperatura de bulbo seco	A temperatura de bulbo seco é popularmente conhecida como temperatura do ar. É uma das principais variáveis ambientais que influencia no conforto térmico, pois impacta diretamente nas trocas de calor por convecção entre o corpo e o ar.
Temperatura radiante média	A temperatura radiante média tem influência no calor perdido através da radiação do corpo. Esse tipo de temperatura indica o nível de radiação térmica atuando no ambiente.
Velocidade do ar	A intensidade da ventilação vai influenciar no conforto e na sensação térmica. Isso acontece, pois, essa variável tem influência nas trocas de calor através dos processos de convecção e evaporação.
Umidade do ar	A umidade do ar indica a quantidade/proporção de água presente no ar. Tal variável influencia diretamente nas perdas de calor por evaporação.

Fonte: Elaboração própria (2019)

3.2 Modelo de Fanger

O principal estudo da área de conforto térmico foi desenvolvido por Fanger (1970) através de um experimento realizado com 1296 indivíduos em uma

câmara climatizada, com todos os parâmetros térmicos controlados.

Nesse experimento a atividade e as roupas foram padronizadas. A partir disso, os indivíduos foram submetidos a diferentes condições ambientais, visando identificar as sensações térmicas de acordo com a escala de sete pontos da ASHRAE (Quadro 4); e analisar a influência das variáveis pessoais e dos parâmetros térmicos.

Quadro 4 - Escala de sensação térmica

(-3)	Muito frio
(-2)	Frio
(-1)	Levemente Frio
(0)	Neutro
(1)	Levemente quente
(2)	Quente
(3)	Muito quente

Fonte: Adaptado ASHRAE (2013)

Os resultados obtidos neste estudo propiciaram a aplicação de um modelo, que ficou conhecido como modelo de Fanger. Esse modelo levou em consideração as seguintes variáveis: temperatura do ar; temperatura

radiante média; velocidade do ar; umidade relativa do ar; taxa metabólica e isolamento térmico da roupa. Para representá-lo foram utilizados dois índices: *Predicted Mean Vote* (PMV) e o *Predicted Percentage of Dissatisfied* (PPD).

Na língua portuguesa o índice PMV é conhecido como Voto Médio Estimado. De acordo com Djongyang *et. al.* (2010), esse índice prevê a sensação térmica das pessoas presentes em um dado ambiente de acordo com a escala de sensação da ASHRAE. O PPD por sua vez, é um índice derivado do anterior, e que vai indicar a porcentagem de indivíduos que não estão satisfeitos com as condições térmicas.

O PMV e o PPD podem ser expressos pelas equações abaixo:

$$PMV = (0.303 e^{-0.036 \times M} + 0.028) \times [(M - W) - 3.05 \times \{5.73 - 0.007 \times \dots\}]$$

(1)

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{(-0.003353 \times PMV^4 - 0.2179 \times PMV^2)}$$

(2)

, sendo:

M = Taxa metabólica de produção de calor (W/m^2);

W = Trabalho mecânico desenvolvido pelo corpo (W/m^2), sendo que para maioria das atividades humanas esse trabalho é nulo

t_a = Temperatura do ar ($^{\circ}C$);

t_{cl} = Temperatura superficial das roupas ($^{\circ}C$);

f_{cl} = Razão de área do corpo vestido e corpo nu (Adimensional);

t_r = Temperatura radiante média ($^{\circ}C$);

h_c = Coeficiente de convecção entre o ar e roupas ($W/m^2 \cdot ^{\circ}C$).

v_{ar} = Velocidade relativa do ar, em m/s

p_a = Pressão parcial do vapor de água, em Pa;

3.3 Síntese das normas referente ao ambiente térmico

A norma ISO 10551/1995 é voltada para a análise de parâmetros subjetivos. Logo, ela disponibiliza informações para o uso e adaptação de escalas de preferências térmica. Entre essas preferências

encontram-se escalas de percepção, aceitabilidade e tolerância térmica. Permitindo assim, obter a opinião dos usuários de um determinado ambiente acerca das condições térmicas a que estão submetidos.

A norma ISO 7726/1998 tem como objetivo especificar as características necessárias dos equipamentos para mensuração dos parâmetros físicos, além de especificar os métodos de mensuração, como posição do equipamento e duração da medição, visando padronizar a mensuração e a captação de informações. Logo, define os padrões e orienta os processos de medição dos parâmetros físicos em ambientes internos e externos.

Com relação à norma ISO 7730/2005, assume-se que foi baseada em vários estudos, entretanto, o estudo de Fanger (1970) foi o mais relevante nesse contexto. Sendo assim, o objetivo principal desta norma é apresentar e propor um método para o cálculo da sensação térmica (Índice PMV), e o grau de desconforto (Índice PPD) das pessoas expostas a um ambiente termicamente moderado. Além disso, ela especifica as

condições necessárias para propiciar o conforto térmico em um determinado ambiente.

Por fim, a ASHRAE 55/2013 estabelece as condições mínimas para que um ambiente térmico se torne aceitável. Logo, ela especifica um conjunto de condições, que combinam parâmetros térmicos e pessoais visando tornar o ambiente mais propício à ocupação e desempenho das atividades humanas de forma eficiente.

CAPÍTULO 4 – ENTENDIMENTO BÁSICO SOBRE QUALIDADE DO AR

Até meados dos anos 1990 os efeitos da qualidade do ar em ambientes fechados recebiam pouca atenção da comunidade científica, entretanto, a partir do final da década 1990 a preocupação com os efeitos dessa variável na saúde humana ganhou notoriedade (BRICKUS;NETO, 1999; JONES, 1999)

Nesses ambientes, a qualidade do ar pode ser compreendida como uma variável que afeta a saúde e o bem-estar dos ocupantes (MENDES, 2013). Logo, uma baixa qualidade dessa variável causa desconforto nos usuários, ocasionando efeitos adversos à saúde, aumentando os índices de absenteísmo no trabalho ou na escola, e repercutindo negativamente no desempenho cognitivo (THAM, 2016).

O impacto negativo dessa variável pode ser visualizado mediante a existência de alguns sintomas, como dor de cabeça, irritação nos olhos, crises alérgicas no aparelho respiratório, coceira, mal-estar e dificuldade de se manter concentrado na atividade

(JOHNSON *et al.* 2018). Tais sintomas são comuns e frequentemente visualizados no curto prazo, entretanto, a perpetuação das condições inadequadas por longos períodos resulta em problemas mais graves conforme mostra o Quadro 5.

Quadro 5 - Efeitos no curto e longo prazo

PERÍODO	EFEITOS
Curto prazo	Irritação nos olhos, nariz e garganta
	Percepção de odores desagradáveis
	Dor de cabeça, tontura e fadiga
	Reações alérgicas (Rinite alérgica, asma)
Longo prazo	Doenças no coração
	Câncer

Fonte: Adaptado de Mendes (2013)

Nos ambientes de ensino, como salas de aula e laboratórios, o cenário é propício ao surgimento de condições insatisfatórias de qualidade do ar. Esses locais apresentam altos níveis de poluição por apresentarem espaços fechados lotados que impedem a circulação do ar; curtos intervalos entre as aulas, não possibilitando um contato maior com o ar atmosférico; inadequação no fornecimento do ar oriundo de fontes externas; ausência de exaustor mecânico; e construção

não planejada do sistema de ventilação (ARGUNHAN; AVCI, 2018).

Para Mendes (2013) , o acúmulo de poluentes nos ambientes fechados, associados ao aumento de sintomas respiratórios e alérgicos são ocasionados pela combinação dos seguintes fatores: (I) Diminuição da taxa de renovação do ar interno ambientes ventilados mecanicamente; (II) Presença de materiais industrializados com alta emissão de substâncias voláteis aliadas a um ambiente propício a proliferação biológica.

Além disso, a densidade de ocupação, assim como a quantidade dos equipamentos e os tipos de revestimento e acabamento com materiais sintéticos (Tintas, vernizes, carpetes, aglomerantes, entre outros) afetam de maneira significativa a taxa de emissão de poluentes em ambientes de interiores (MENDES, 2013).

É reconhecida a importância da influência da qualidade do ar nos ambientes de ensino, e a análise dos trabalhos desenvolvidos por Zimmerman (1999);

Jones (1999); Daisey, Angell e Apte (2003); Mendell e Heath (2005); Mumovic *et al.* (2009); Cavaleiro Rufo *et al.* (2016); Yoon, Lee e Park (2011); Dorizas *et al.* (2013); Mainka *et al.* (2015); Yang *et al.* (2015); Fuoco *et al.* (2015); Yang Razali *et al.* (2015); Stabile *et al.* (2016); Finell *et al.* (2017); Marzocca *et al.* (2017) e Telejko (2017) permite afirmar que os estudos nos ambientes de ensino concentram-se na mensuração dos níveis de CO₂, e principalmente na avaliação do material particulado (MP).

Para uma compreensão ampla e precisa desses estudos, tornou-se necessário entender alguns conceitos importantes: Tipos de poluentes; Material particulado (MP); Interação entre o organismo e o ambiente; e identificação das principais normas para avaliação dessa variável.

4.1 Tipos de Poluentes

O termo poluição do ar é utilizado para definir a existência de contaminantes em um recurso natural, mais precisamente no ar atmosférico, em quantidades que podem causar danos e influenciar o bem-estar do

ser humano, impactando em outros aspectos naturais, sociais e econômicos (FILHO, 1989; BAI, LAM, e LI, 2018;WU, HAO, e LU, 2018).

Os tipos de poluentes em ambientes fechados são oriundos de inúmeras fontes, podendo surgir a partir das condições dos edifícios, ou um subproduto das atividades que são realizadas dentro deles (JONES, 1999). Para uma compreensão inicial, Spengler e Sexton (1983) listaram os principais poluentes existentes nesse tipo de ambiente (Quadro 6).

Quadro 6 - Poluente e fontes de emissão

Poluente	Fontes de emissão
Alérgenos	Poeira doméstica, animais domésticos, insetos
Amianto	Materiais retardantes de fogo, isolamento
Dióxido de carbono	Atividade metabólica, atividades de combustão, veículos motorizados em garagem
Formaldeído	Aglomerado, isolamento, mobiliário
Microrganismos	Pessoas, animais, plantas, sistemas de ar condicionado
Dióxido de nitrogênio	Ar exterior, combustão de combustível, veículos motorizados em garagens
Monóxido de carbono	Queima de combustível, caldeiras, fogões, aquecedores a gás ou querosene
Ozônio	Reações fotoquímicas
Dióxido de enxofre	Ar exterior, combustão de combustível

Fonte: Adaptado de Spengler e Sexton 1983

Para facilitar o entendimento acerca dos tipos de poluentes, Mendes (2013) os subdividiu em três tipos que estão descritos abaixo:

a) Poluentes físicos: Os poluentes físicos estão associados a desajustes em fatores físicos, tais como temperatura, umidade, luminosidade, ruído, tipo de ventilação (Quadro 7).

Quadro 7 - Poluentes e os principais fatores físicos associados a qualidade do ar

FATORES FÍSICOS	DESCRIÇÃO
Temperatura e Ventilação	Essas duas variáveis são os principais fatores que influenciam na qualidade do ar. A ventilação por sua vez está associada a capacidade de remover os poluentes gerados no ar ou diluí-los. Além disso, baixas taxas de ventilação ocasionam um aumento nos níveis de CO ₂ (MENDES, 2013). Com relação a temperatura, está associada com a umidade, podendo resultar no surgimento de fatores biológicos (MENDES, 2013).
Umidade	A umidade está associada a Temperatura e Ventilação, podendo ser caracterizada pela quantidade de vapor de água no ambiente. Além disso, o surgimento de agentes biológicos está associado com essa variável.

Fonte: Adaptado de Mendes (2013)

b) Poluentes químicos: Materiais particulado, aerossóis, vapores e gases, podendo ser orgânicos e inorgânicos (Quadro 8).

Quadro 8 - Principais poluentes químicos

TIPO	DESCRIÇÃO	EFEITO
Dióxido de carbono (CO ₂)	Gás incolor, inodoro e não inflamável, que é produzido por processos metabólicos dos ocupantes, assim como em processos de combustão completa de matérias orgânicos.	Pode causar dores de cabeça, tontura e náuseas.
Monóxido de carbono (CO)	Gás inodoro, insípido e incolor; é um intermediário no processo de combustão do carbono e é emitido quando este processo ocorre na presença de quantidade insuficiente de oxigênio para garantir uma combustão completa.	Reduz a habilidade do sangue em transportar oxigênio.
Material Particulado	Consiste no conjunto partículas que ficam suspensas no ar podendo ser coletável.	Irritações nos olhos, nariz, garganta e pulmões.
Compostos orgânicos voláteis	Nos ambientes fechados pode ser encontrado mediante existência de materiais de construção, acabamento e decoração, processos de combustão, e materiais de limpeza.	Irritação nos olhos e nas vias respiratórias.

Fonte: Adaptado de Mendes (2013)

c) Poluentes biológicos: Fungos, bactérias, ácaros domésticos, substâncias orgânicas associadas a esses agentes biológicos. De acordo com Jones (1999), esses microrganismos são considerados uma importante forma de poluição biológica no ambiente interno, sendo encontrados majoritariamente em ambientes que apresentam elevadas condições de umidade.

4.2 Material Particulado

O material particulado é a forma mais visível de poluição do ar, logo, é considerado o poluente mais estudado e se origina a partir de fontes primárias ou secundárias. As características desse material é a resultante da soma de um conjunto de variáveis, desde o tamanho e formato da partícula, área da superfície e composição química, e condições do local de produção ou fonte de emissão (ARBEX *et al.*, 2012).

Sua constituição pode apresentar inúmeros elementos químicos, desde um núcleo de carbono elementar ou orgânico, compostos inorgânicos (sulfatos e nitratos), compostos orgânicos

(hidrocarbonetos), material biológico (bactérias, esporos e resto de animais) e até metais de transição (ARBEX *et al.*, 2012)

Esses materiais também são considerados substâncias simples ou compostas, formados por elementos químicos no estado sólido ou líquido, e quando suspensos no ar são chamados de aerodispersóides (MORAES, 2006). De acordo com Miguel (2014), esses materiais podem se apresentar nos três estados da matéria conforme mostra o Quadro 9.

Quadro 9 - Exemplos generalistas de materiais particulados

ESTADO SÓLIDO	
Poeiras	Suspensão no ar de partículas esferoidais de pequeno tamanho, formadas pelo manuseamento de certos materiais e por processos mecânicos e de desintegração.
Fumos	Suspensão no ar de gotículas cujo tamanho não visível à vista desarmada e provenientes da dispersão mecânica de líquidos.
ESTADO LÍQUIDO	
Neblinas	Suspensão no ar de gotículas líquidas visíveis e produzidas por condensação de vapor.
ESTADO GASOSO	
Gases	Estado físico mental de certas substâncias a 25°C e 760 mm Hg de pressão.

Vapores	Fase gasosa de substâncias
---------	----------------------------

Fonte: Miguel (2014)

Com relação às partículas que estão suspensas no ar, também chamadas de aerodispersóides, elas podem ser classificadas em quatro grandes classes: poeiras, fumos, fumaça e névoas (Quadro 10).

Quadro 10 - Classes de aerodispersóides

Classes	Descrição
Poeiras	São formadas por partículas sólidas, com diâmetros geralmente superiores a 1 μm . Sendo resultado da desintegração mecânica de substâncias inorgânicas ou orgânicas (MORAES, 2006).
Fumos	São partículas sólidas que geralmente apresentam diâmetros inferiores a 10 μm , podendo chegar a 1 μm . Sendo resultado da condensação de partículas em estado gasoso, quase sempre acompanhada de oxidação (MORAES, 2006).
Fumaça	É constituída geralmente por partículas sólidas, sendo resultante da queima de combustíveis fósseis, materiais asfálticos ou madeira (MORAES, 2006).
Névoas	As névoas são constituídas por gotículas líquidas resultantes da condensação de vapores, e podem apresentar gotículas líquidas variando entre 0,1 μm \leq Diâmetro \leq 100 μm (MORAES, 2006).

Fonte: Adaptado de Moraes (2006)

O diâmetro da partícula associado a composição química é considerado uma variável importante, cuja identificação dará indícios dos possíveis malefícios a

saúde humana. As partículas podem apresentar diversos diâmetros ($0 \mu\text{m} \leq \text{Diâmetro} \leq 100 \mu\text{m}$), entretanto, as que possuem Diâmetro $\leq 10 \mu\text{m}$ são mais nocivas ao sistema respiratório (ALMEIDA, 1999). Segundo Gatto Pereira *et al.* (2015), esses particulados podem carregar consigo outros poluentes e atingir os alvéolos pulmonares.

As partículas também podem ser classificadas em inaláveis (Diâmetro $\leq 10 \mu\text{m}$) e respiráveis (Diâmetro $\leq 2,5 \mu\text{m}$). As respiráveis também são chamadas de partículas finas, enquanto que as demais são categorizadas como partículas grossas (GATTO PEREIRA *et al.* 2015; MAGALHÃES 2018). Para facilitar o entendimento, a Tabela 3 indica a fração inalável e respirável de acordo com o diâmetro.

Tabela 3 - Fração inalável e respirável

Diâmetro (μm)	Fração inalável (%)	Fração respirável (%)
1	97	97
2	94	91
5	87	30
10	77	1

Fonte: Adaptado de Miguel (2014)

Magalhães (2018) explicou que as partículas grossas são menos prejudiciais a saúde humana, pois são rapidamente sedimentadas. Em contrapartida, as partículas finas são respiráveis e sua nocividade é mais conhecida, pois percorrem o sistema respiratório e se instalam em brônquios e alvéolos (MAGALHÃES, 2018; MANIGRASSO *et al.* 2018). A Tabela 4 traz os principais aerodispersóides, o diâmetro da partícula e sua classificação.

Tabela 4 - Diâmetro dos principais aerodispersóides

Aerodispersóides	Diâmetro da partícula (µm)	Classificação da partícula
Atmosférica	0,5	
Alumínio	2,2	
Ar de mineração	0,9	
Fumo de álcalis	1-5	
Fumo de cloreto de amônio	0,05-1,0	
Cimento	0,5-50	
Carvão	5-10	
Ferro-Manganês ou sílica	0,1-1	
Ar em fundições	1,2	Poeira, fumos e fuligens
Fumaça de central térmica	0,1-3	
Ferro (Ferro gusa)	0,1-10	
Óxido de ferro	0,5-2	
Cal	1-50	
Corte de mármore	1,5	

Pigmentos	0,2-2	
Jato de areia	1,4	
Sílica	1-10	
Talco	10	
Fumaça de tabaco	0,2	
Fumo de óxido de zinco	0,05	
Zinco (Jateado)	15	
Zinco (Condesado)	2	
Ácido sulfúrico	2-15	Névoas
Pólenes	5-10	
Bactérias	0,5-20	Organismos vivos
Fungos	1-10	

Fonte: Adaptado de Mesquita, Guimaraes, and Nefussi (1998)

4.3 Interação entre atmosfera e organismo

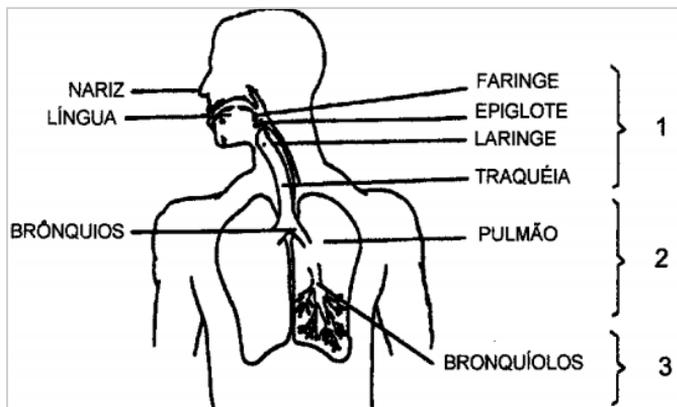
A principal forma de interação do corpo humano com os poluentes atmosféricos é através da inalação, contudo, a superfície de revestimento corporal (pele) também pode ser afetada diretamente (KRUTMANN *et al.*, 2014; WHO, 2004). Para essa interação, o corpo não apresenta mecanismo de defesa, conseqüente e de maneira imperceptível fica exposto a uma variedade de agentes físicos, químicos e biológicos (MENDES, 2013).

A respiração consiste no processo de trocas gasosas entre o organismo e o ambiente. Nesse processo, o ar poluído adentra no sistema respiratório

por sucção e circula pela cavidade nasal, faringe, laringe, traqueia e brônquios antes de chegar ao pulmão (MARCHESAN, 1998). A Figura 1 representa os principais componentes desse sistema.

As partículas antes de entrar no organismo passam por um processo de filtragem. Ao superar essa etapa, se alocam em diferentes locais provocando processos inflamatórios que debilitam o sistema respiratório (MAGALHÃES, 2018). Aquelas que apresentam $5 \mu\text{m} \leq \text{Diâmetro} \leq 30 \mu\text{m}$ são retidos no aparelho respiratório superior (1); já no aparelho respiratório inferior (2) se alocam aquelas que apresentam $\text{Diâmetro} \leq 1$; por fim, aquelas que detêm $1 \mu\text{m} \leq \text{Diâmetro} \leq 5 \mu\text{m}$ se alocam na terceira parte do aparelho respiratório (Figura 1).

Figura 1 - Componentes do sistema respiratório



Fonte: Brickuse e Neto (1999)

4.4 Síntese das normas

A avaliação da qualidade do ar em ambientes fechados é feita a partir da análise do material particulado. As políticas de saúde pública reconheceram a influência das partículas inaláveis (MP_{10}) e respiráveis ($MP_{2,5}$) na saúde humana, logo, estabeleceram a avaliação desses parâmetros como sendo indicadores de qualidade do ar dentro dos ambientes (POPE III; DOCKERY, 2006).

A avaliação desta variável dentro dos ambientes de ensino segue a linha comentada anteriormente, e utiliza a análise do MP_{10} e $MP_{2,5}$ como indicadores da qualidade do ar interna (AL-HUBAIL; AL-TEMEEMI,

2015; DIAS PEREIRA *et al.*, 2014; KALIMERI *et al.*, 2016; MADUREIRA *et al.*, 2015; TROMPETTER *et al.*, 2018).

No Brasil, a Resolução CONAMA (1990) e a ANVISA (2003) estabeleceram as concentrações de poluentes toleráveis a saúde humana (Tabela 5). Já no cenário internacional, esses limites foram estabelecidos pela WHO (2013) e *Environmental Protection Agency* (2012) e estão expressos na Tabela 6.

Tabela 5 - Limites de concentração para o BRASIL

RESOLUÇÃO CONAMA			
Poluentes	Tempo de Amostragem	Padrão Primário	Padrão Secundário
MP ₁₀	24 horas	150	150
	Média aritmética anual	50	50

Padrão primário: concentrações de poluentes que, ultrapassadas poderão afetar a saúde da população.

Padrão secundário: concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população.

ANVISA	
Poluentes	Parâmetros
MP _{2,5}	80 µg/m ³
MP ₁₀	80 µg/m ³

Fonte: Adaptado de CONAMA (1990) e ANVISA (2003)

Tabela 6 - Limites de concentração no cenário internacional

WHO		<i>Environmental Protection Agency</i>	
Poluentes	Tempo de Amostragem	Poluentes	Padrão Secundário
MP _{2,5}	25 µg/m ³	MP _{2,5}	35 µg/m ³
MP ₁₀	50 µg/m ³	MP ₁₀	150 µg/m ³

Fonte: Adaptado de WHO (2013) e Environmental Protection Agency (2012)

CAPÍTULO 5 – ENTENDIMENTO BÁSICO SOBRE AS CONDIÇÕES ACÚSTICAS

A acústica da sala de aula é uma vertente crucial no processo de ensino aprendizagem, influenciando nos aspectos psicossociais dos alunos (BESS, DODD-MURPHY e PARKER, 1998). Nos dias de hoje essa constatação é reafirmada, Peng, Zhang, e Wang (2018) explicaram que o ambiente acústico melhora a qualidade de ensino, e garante a saúde mental e física dos professores e alunos.

Os trabalhos mencionados anteriormente foram publicados em períodos diferentes, com uma diferença de vinte anos. Ao longo desse período foram realizados inúmeros estudos que buscaram avaliar os ambientes acusticamente, identificando as reais condições em prol do bem-estar e eficiência do processo de ensino-aprendizagem (BRADLEY, 2009; DONGRE *et al.*, 2017; HYGGE, 2003; JOHN, THAMPURAN e PREMLET, 2016; KLATTE, LACHMANN e MEIS, 2010; MADBOULY *et al.*, 2016; PÄÄKKÖNEN *et al.*, 2015; PENG, ZHANG e WANG, 2018; RABIYANTI, RAHMANIAR e PUTRA,

2017; SHIELD; DOCKRELL, 2003; YANG; SHIELD *et al.*, 2015).

Contudo, para compreender a influência dessa variável na vida dos estudantes torna-se necessário entender: o funcionamento do sistema auditivo; os fundamentos do som; identificar os limites toleráveis e o tempo de exposição do ruído; além de conhecer a normas referente ao ruído.

5.1 Sistema Auditivo

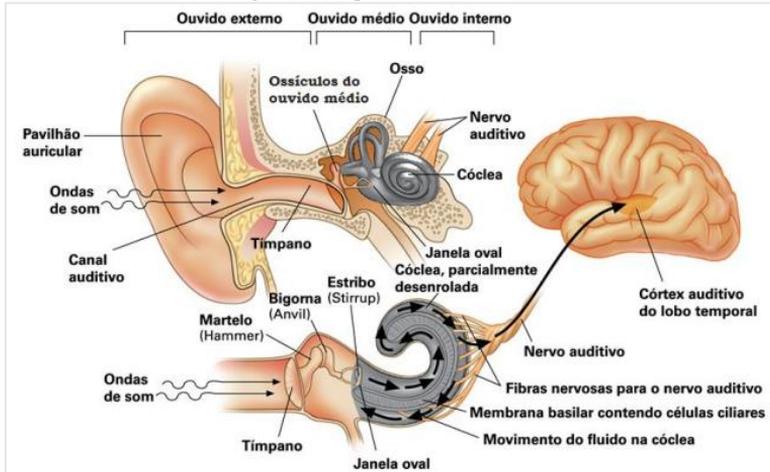
De acordo com Iida e Buarque (2016), a função do sistema auditivo é captar as ondas de pressão do ar e convertê-las em sinais elétricos, que são transmitidas ao cérebro para produzir as sensações sonoras. Esse sistema é capaz de detectar com precisão, sons dos mais graves (frequências baixas- 16 Hz) aos mais agudos (frequências altas – cerca de 20.000 Hz); dos mais tênues (20 mPa) aos intensos (200 Pa) (MENDES, 2013).

O ouvido é dividido em três partes: externo, médio e interno. Os sons chegam por vibrações do ar e são captados pelo ouvido externo, transformando-se

em vibrações mecânicas no ouvido médio e, finalmente, em pressões hidráulicas no ouvido interno. Essas pressões são captadas por células sensíveis no ouvido interno e transformadas em sinais elétricos, que se transmitem ao cérebro (IIDA; BUARQUE, 2016).

A Figura 2 representa o aparelho auditivo humano e suas três partes. De acordo com Lida e Buarque (2016), o ouvido externo é constituído pelo pavilhão auricular ou orelha, e do conduto auditivo externo (Canal auditivo), que chega até a membrana do tímpano. No médio por sua vez, o som é transmitido através dos ossículos, chamados de martelo, bigorna e estribo para outra membrana que separa o ouvido médio do interno. Por fim, no ouvido interno as vibrações sonoras são convertidas em pressões hidráulicas, posteriormente, a existência de células sensíveis captam as diferenças de pressão e as transformam em sinais elétricos, que se transmitem ao cérebro pelo nervo auditivo, onde são decodificadas e transformadas em sensações sonoras (IIDA; BUARQUE, 2016).

Figura 2- Aparelho auditivo



Fonte: Alves (2013)

5.2 Som

O som é definido pela NBR 12179/1992 como sendo “toda e qualquer vibração ou onda mecânica que se propaga num meio dotado de forças internas, capaz de produzir no homem uma sensação auditiva”. Em outras palavras, é resultado da pressão exercida por movimentos bruscos que se propagam no meio elástico e são captados pelo aparelho auditivo humano (IIDA, 2005).

O som pode ser entendido como uma onda, onde os corpos vibram, fazendo com que ocorra uma transmissão para a atmosfera sob a forma de uma propagação ondulatória, tornando possível a captação através do ouvido e interpretação a partir do cérebro, dando-lhe sentidos (WISNIK, 1999). Portanto, todo som gera uma vibração no meio pelo qual se propaga, entretanto, nem toda vibração produz som audível para nós (RUI; STEFFANI, 2018).

O som também compreende uma variação de pressão muito rápida que se propaga na forma de ondas em um meio elástico, apresentando alguns componentes (Quadro 11), como: Frequência, Período, Velocidade, Comprimento, Intensidade, Pressão e Potência (IAZZETTA, 2010). Entretanto, pode ser caracterizado por apenas três variáveis: frequência, intensidade e duração (IIDA; BUARQUE, 2016).

Quadro 11 - Componentes do som

Componentes	Descrição
Absorção	Consiste na conversão de energia acústica em energia térmica, ocorrendo dissipação ou transmissão, e acontece na superfície dos materiais (MIGUEL;

	SÉRGIO, 2014).
Reflexão	A onda sonora não é absorvida pela superfície, e sim refletida de volta para o ambiente com ângulo igual ao ângulo de incidência (VALLE, 2009).
Difração	É a propriedade que uma onda sonora possui de transpor obstáculos posicionados entre a fonte sonora e a recepção, mudando sua direção e reduzindo sua intensidade” (CARVALHO, 2010, p. 30).
Reverberação	É um fenômeno acústico que ocorre em um espaço fechado, sendo resultante da repetida reflexão a partir das superfícies ou dos objetos do espaço, tais como janelas, cadeiras ou armários (ANSI, 2002).

Fonte: Elaboração própria (2019)

Quadro 12 - Principais componentes do som

Variáveis	Descrição
Frequência	É o número de flutuações ou vibrações por segundo e é expressa em hertz (Hz) (IIDA; BUARQUE, 2016).
Intensidade	Está relacionada com a energia das oscilações e é definida em termos de potência por unidade de área (IIDA; BUARQUE, 2016).
Duração do som	É uma medida expressa em segundos (IIDA; BUARQUE, 2016).

Fonte: Adaptado de Iida e Buarque (2016)

5.3 Ruído

Levak, Horvat, e Domitrovic (2008) indicaram que o ruído é um som desagradável que ocorre no

ambiente em que as pessoas vivem e trabalham. Ou seja, pode ser entendido como “som indesejável” (IIDA; BUARQUE, 2016). Além disso, o termo também pode ser usado para descrever um sinal acústico aperiódico, originado da superposição de vários movimentos de vibração com diferentes frequências, às quais não apresentam relação entre si (RUSSO, 1993).

Para Oliveira e Arenas (2012), é uma sobreposição de sinais acústicos, não periódicos e com diferentes frequências de vibrações, tendo como poluição sonora a emissão do ruído de forma contínua e fora dos limites normativos. Em cima disso, considera-se que a intensidade sonora audível ao ouvido humano varia entre 20 a 140 dB, quando o som do ambiente se aproxima do extremo máximo poderá surgir sensação de dor física (IIDA, 2005). Logo, valores superiores a essa faixa podem ser considerados nocivos no ser humano, ocasionando em uma sensação auditiva desagradável que interfere na percepção do som desejado (ARAÚJO, 2002).

No aspecto físico, pode ser entendido como uma mistura de vibrações, aferido na escala logarítmica, cuja unidade é o decibel (dB) (IIDA; BUARQUE, 2016). É entendido nessa unidade pois o ouvido humano não apresenta respostas lineares e sim logarítmicas. O decibel é o logaritmo da razão entre o valor medido e um valor de referência padronizado (MIGUEL; SÉRGIO, 2014). O valor medido diz respeito a pressão sonora, que consiste na intensidade das vibrações e é expressa em Newton por metro quadrado (N/m^2) ou pascal (Pa).

5.3.1 Durações dos ruídos

De acordo com a NR-15, o ruído apresenta duas classificações básicas: o ruído de impacto, que apresenta duração inferior a um segundo, em intervalos superiores a um segundo; e o ruído contínuo ou intermitente, que são todos aqueles que não são considerados de impacto. Com relação a duração, o ruído apresenta três classificações: longa, curta e curtíssima duração (Quadro 13).

Quadro 13 - Classificação do Ruído

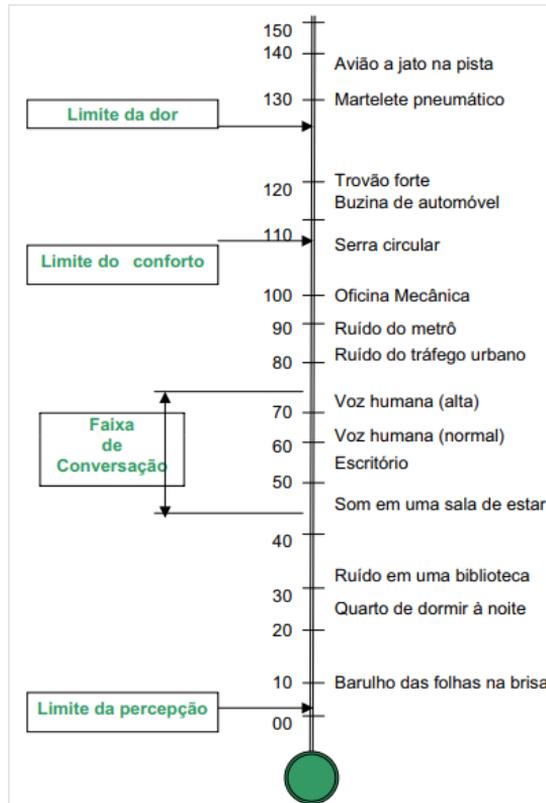
Classificação	Descrição
Ruído de longa duração	Também conhecidos como “ruído de fundo”, ocorre com certa uniformidade durante toda jornada. Na faixa de 70 a 85 dB não provocam mudanças significativas, tanto em tarefas intelectuais como manuais (IIDA; BUARQUE, 2016).
Ruído de curta duração	São ruídos de um ou dois minutos que provocam queda no rendimento tanto no início como no final do período (IIDA; BUARQUE, 2016).
Ruído de curtíssima duração	Também conhecido como ruído de impacto, são aqueles com duração de apenas alguns segundos. São prejudiciais quando os picos de energia acústica atingem níveis de 110 a 135 dB (IIDA; BUARQUE, 2016).

Fonte: Adaptado de Iida e Buarque (2016)

Para entendimento de onde são encontrados os níveis mencionados anteriormente apresenta-se a

Figura 3, que expressa a intensidade sonora, o ruído, e os exemplos típicos.

Figura 3 - Escala de ruídos, em decibéis (dB), com os níveis correspondentes das pressões sonoras e alguns exemplos típicos de ruídos



Fonte: Fernandes (2002)

5.3.2 Limites toleráveis

Segundo Iida e Buarque (2016), os ruídos entre 70 e 90 dB dificultam a conversação e a concentração, podendo provocar aumento dos erros e redução do desempenho, apesar de não trazer sérios danos aos órgãos auditivos. Logo, o cenário ideal consiste na

existência de níveis em torno de 70 dB, com uma tolerância máxima de 85 dB para exposições contínuas (IIDA; BUARQUE, 2016).

A Tabela 7 traz um indicativo dos níveis máximos de ruído de acordo com as atividades. Por exemplo, 55 dB é o máximo aceitável para ambientes que exigem silêncio; 60 dB é aceitável em ambientes de trabalho durante o dia; 70 dB é inadequado para trabalhos em escritórios, pois a conversação fica difícil; e 85 dB é o limite máximo tolerado para a jornada de trabalho (IIDA; BUARQUE, 2016).

Tabela 7- Exemplos dos níveis de ruído relacionados as atividades

Nível de ruído- dB	Atividade
50	A maioria considera como um ambiente silencioso
55	Máximo aceitável para ambiente que exigem silêncio
60	Aceitável em ambientes de trabalho durante o dia
65	Limite máximo aceitável para ambientes ruidosos
70	Inadequado para trabalho em escritórios. Conversação difícil
75	É necessário aumentar a voz para conversação
80	Conversação muito difícil
85	Limite máximo tolerado para jornada de trabalho

Fonte: Iida e Buarque, 2016

A NBR 10152/1987 é mais detalhista nos níveis aceitáveis para os diversos tipos de atividades. A Tabela 8 indica os locais, detalha os ambientes desses locais e apresenta a faixa de ruído aceitável.

Tabela 8 - Níveis de ruídos para os diversos ambientes

Locais	dB(A)
Apartamentos, Enfermarias, Berçários, Centros cirúrgicos	35 - 45 40 - 50
Laboratórios, Áreas para uso do público Serviços	45 - 55
Bibliotecas, Salas de música, Salas de desenho Salas de aula, Laboratórios Circulação	35 - 45 40 - 50 45 - 55
Apartamentos Restaurantes, Salas de Estar Portaria, Recepção, Circulação	35 - 45 40 - 50 45 - 55
Residências Dormitórios Salas de estar	35 - 45 40 - 50
Salas de concertos, Teatros Salas de conferências, Cinemas, Salas de uso múltiplo	30 - 40 35 - 45
Restaurantes	40 - 50
Salas de reunião Sala de gerência, Salas de projetos e de administração Salas de computadores Salas de mecanografia	30 - 40 35 - 45 45 - 65 50 - 60
Igrejas e Templos (Cultos mediativos)	40 - 50
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45-60

Fonte: NBR 1052/1987

5.3.3 Tempo de exposição

O tempo de exposição permissível foi definido pela NR 15 e está expressa na Tabela 9. Exemplificando, para um nível 85 dB a máxima exposição seria de 8 horas diárias; para 100 dB uma exposição máxima de 1 hora; e para um ruído de 115 dB uma exposição máxima de 7 minutos.

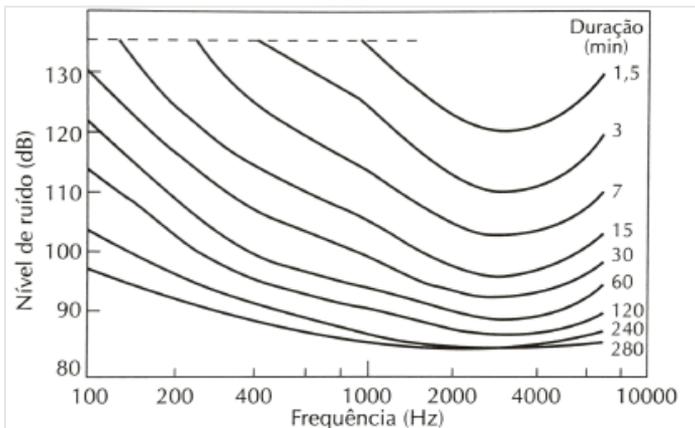
Tabela 9 - Níveis de ruídos para os diversos ambientes

Nível de ruído dB(A)	Máxima exposição diária permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: NR 15

Alguns pesquisadores destacaram a frequência do som como um importante indicador no tempo de exposição ao ruído. Por exemplo, para Iida e Buarque (2016) “o tempo de exposição depende também das frequências do som. Para o mesmo nível de ruído, se a frequência aumentar, esse tempo de exposição tende a diminuir”, esse cenário é mostrado pela Figura 4 abaixo.

Figura 4- Níveis de ruídos levando em consideração a frequência do som



Fonte: Iida e Buarque (2016)

5.4 Conforto Acústico

O conforto de maneira geral é um estado de bem-estar quanto às condições existentes. Com o conforto

acústico não é diferente, e poder ser definido com o estado de bem-estar com relação às variáveis acústicas existentes, estando intimamente relacionada com a qualidade do som e o isolamento dos ruídos (FREITAS, 2005).

Para obtenção desse estado, deve-se mensurar todas as fontes emissoras de ruído e avaliar a percepção do usuário (FREITAS, 2005; FRONTCZAK; WARGOCKI, 2011). Destaca-se o aspecto subjetivo, pois as condições existentes podem predispor indivíduos a ter uma sensação de aborrecimento ou uma avaliação negativa sobre as condições ambientais (GUSKI, FELSCHER-SUHR e SCHUEMER, 1999).

Além disso, o ambiente acústico está relacionado com a qualidade acústica, apresentando influência na produtividade, ansiedade e condições satisfatórias de saúde (MAK; LUI, 2012; TO, MAK, e CHUNG, 2015). Para garantir a obtenção de um ambiente aceitável nesse aspecto, uma série de normas foram elaboradas e são seguidas no desenvolvimento e otimização dessa variável.

5.4.1 Síntese das Normas

A Norma ISO 1999:1990 apresenta a metodologia para a estimaco da exposição ao ruído em dB para uma jornada de trabalho de 40 horas semanais. Além disso, a porcentagem das pessoas que podem desenvolver alterações em seus limiares auditivos para exposições em faixas de frequência 500, 1.000 e 2.000 Hz. Contudo, essa norma foi revisada e substituída pela Norma ISO 1999:2013.

Com relação a NHO 01 (2001) desenvolvida pela FUNDACENTRO, ela avalia a exposição ocupacional ao ruído. Além disso, é uma norma de procedimentos técnicos, que traz em seu escopo métodos de avaliação, definição de critérios e parâmetros, limites de tolerância e indicação de medidas de controle para o ruído.

A NR-15 (2011) por sua vez abrange alguns anexos. O primeiro, referente a ruído contínuo ou intermitente, apresenta os limites de tolerância para um tempo de exposição baseado na jornada de

trabalho de 8 horas diárias. O segundo, com relação aos limites de tolerância para ruído de impacto, apresenta os limites de exposição para esse tipo de ruído.

A NBR 10151/2000 especifica as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído, além disso, também especifica um método para a medição de ruído e a aplicação de correções nos níveis medidos. Já a NBR 10152/2017 estipula o procedimento para execução de medições de níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações, além de determinar os valores de referência para avaliação sonora nesses ambientes.

CAPÍTULO 6 – ENTENDIMENTO BÁSICO SOBRE OS ASPECTOS LUMÍNICOS

O processo de ensino aprendizagem ao longo dos anos passou por inúmeras mudanças. Nos últimos anos, o advento da internet, desenvolvimento da tecnologia, e maior acessibilidade a esses aspectos trouxe mudanças radicais no processo de ensino. Nesse contexto, as universidades estão utilizando cada vez mais aparatos tecnológicos, tornando o aprendizado mais interativo e permitindo novas formas de interação entre professor e aluno. Todo esse cenário trouxe mudanças no ambiente físico, e principalmente nas condições de iluminação do ambiente (BECKERS, VAN DER VOORDT e DEWULF, 2015; CASTILLA *et al.*, 2018; UZELAC, GLIGORIC e KRICO, 2015).

As condições de iluminação dos ambientes de ensino influenciam diretamente na vida dos estudantes e professores. Primeiro, a luz não influencia apenas a visão e as respostas visuais, repercute no relógio biológico, acarretando em influências negativas no funcionamento corporal e no humor. Segundo,

influencia no bem-estar, concentração e atenção, apresentando efeitos consideráveis no desempenho visual e no processo de aprendizagem. Terceiro, fazem parte das condições estruturais do ambiente, sendo um fator condicionante no processo de interação entre o estudante e o ambiente físico (BARKMANN, WESSOLOWSKI, SCHULTE-MARKWORT, 2012; BELLIA, PEDACE ; BARBATO, 2013; KORSAVI, ZOMORODIAN e TAHSILDOOST, 2016) .

Os estudantes nos ambientes de ensino compreendem as condições de iluminação a partir da percepção, que capta as condições existentes e pode conduzir ao estado de bem-estar. A percepção apresenta duas características importante no entendimento das condições lumínicas. A primeira característica é a iluminância, que consiste no fluxo luminoso que incide sobre determinada área, sendo expresso em lux (lx). A segunda característica é temperatura da cor, sendo oriunda da combinação dos comprimentos de onda oriundos de uma determinada fonte, estando relacionados com a temperatura térmica

do ambiente (BARKMANN, WESSOLOWSKI, SCHULTE-MARKWORT, 2012).

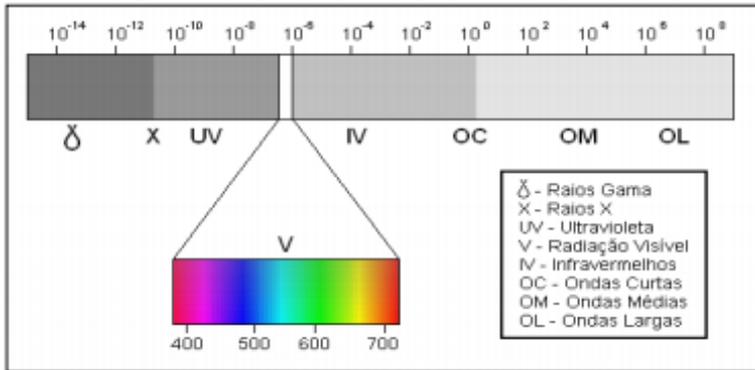
A percepção está diretamente relacionada ao conforto visual, que consiste no estado de contentamento, bem-estar, ou acomodação com as condições lumínicas do ambiente. Essa situação é fácil de ser identificada, entretanto, todo o processo até a captação da luz pelo globo ocular é mais complexo. Logo, para um entendimento geral dessa temática é necessário abordar alguns conceitos: luz, iluminação, visão e síntese das normas.

6.1 Luz

A luz pode ser entendida como a radiação eletromagnética que produz a sensação visual, entretanto, só é identificada pelos olhos humanos em uma parte restrita do espectro eletromagnético (Entre as frequências 400nm e 700nm), situada entre a radiação infravermelha e ultravioleta (MAGALHÃES, 2001), como mostra a Figura 5. Nunes (2006) enfatizou que radiações ultravioletas e infravermelhas não são

visíveis aos olhos humanos, sendo possível enxergar apenas a gama de radiações entre essas duas faixas.

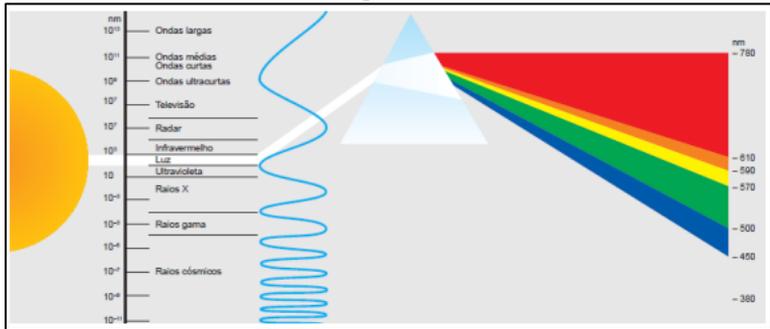
Figura 5 - Espectro visível pelos olhos humanos



Fonte: Bartolomeu (2003)

Ferreira (2015) explicou que uma fonte emite ondas eletromagnéticas com diferentes comprimentos de onda, entretanto, apenas uma gama é perceptível ao olho humano (Figura 6). Pritchard (1999), por sua vez, indicou que a forma de energia capaz de incidir na retina e provocar a visão humana é a radiação eletromagnética visível, chamada de luz.

Figura 6 - Espectro visível pelos olhos humanos a partir dos diferentes comprimentos de onda



Fonte: Ferreira (2015) *apud* Manual Osram

A luz é essencial na realização de uma série de atividades (PAIS, 2011), passando pelas atividades domésticas, proporcionando condições satisfatórias no ambiente de trabalho, além de garantir condições básicas para o provimento da saúde e segurança do trabalhador. Nesse sentido, a existência de fontes lumínicas adequadas permite criar um ambiente com condições de iluminação satisfatórias, respeitando a saúde e garantindo o bem-estar dos usuários.

6.2 Iluminação

Para compreender as condições de iluminação do ambiente é necessário entender as variáveis que compõem essa temática. Inicialmente, assume-se a

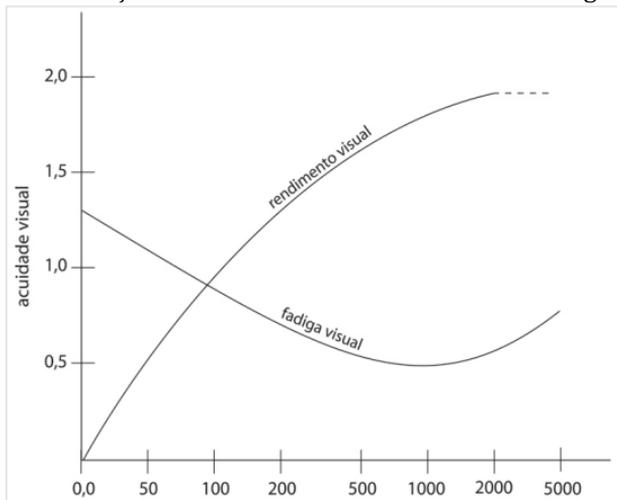
existência de uma fonte com uma distância (D) de uma superfície, que emite uma energia luminosa, chamada de Fluxo luminoso (F). Esse fluxo apresenta uma intensidade, chamada de Intensidade luminosa (I). A luz que incide sobre a superfície (S) recebe o nome de Iluminamento (E), enquanto que a luz emitida por essa superfície e captada pelo olho humano denomina-se Luminância (L). Existe ainda a refletância (R), que consiste na proporção da luz refletida pela superfície em relação à incidente (IIDA e MAGALHÃES, 2016).

A iluminação pode ser compreendida como um guia que altera o conteúdo das informações do campo visual, apresentando alguns efeitos no comportamento e bem-estar dos usuários (VIEIRA, 2016 *apud* FLYNN *et al.* 1973). Essa influência fez surgir a necessidade de se obter condições satisfatórias, sendo chamado de conforto luminoso, que é considerado um fator de suma importância para a saúde e produtividade das pessoas (MARINCIC; OCHOA, 2003).

Nesse contexto, não é aumentando os níveis de iluminamento sem precedentes que vão ocorrer

melhoras significativas. Segundo Iida e Guimarães (2016), o rendimento visual tende a crescer, com o logaritmo do iluminamento a partir de 10 lux até cerca de 1000 lux, quanto a fadiga visual se reduz nessa faixa. A partir desse ponto, os aumentos do iluminamento não provocam melhoras sensíveis do rendimento, mas a fadiga visual começa a aumentar (Figura 7).

Figura 7 - Relação existente entre o rendimento e a fadiga visual



Fonte: Iida e Guimarães (2016) *apud* Hopkinson e Collins (1970)

Para determinados ambientes são estimados níveis de iluminamento. O Quadro 14 desenvolvido por Iida e Guimarães (2016) trouxe um panorama das

recomendações, indicando o tipo de iluminação, a recomendação em lux e exemplos de aplicação.

Quadro 14 - Níveis de iluminação recomendado para algumas tarefas típicas

Tipo	Iluminamento recomendado (lux)	Exemplos de aplicação
Iluminação geral de ambientes externos	5 - 50	Iluminação externa de locais públicos, como ruas, estradas, pátios.
Iluminação geral para locais de pouca exigência visual	20 - 50	Iluminação mínima de corredores, almoxarifados e estacionamentos.
	100 - 150	Escadas, corredores, banheiros, zonas de circulação, depósitos e almoxarifados.
Iluminação geral em locais de trabalho	200 - 300	Iluminação mínima de serviço. Fábricas com maquinaria pesada. Iluminação geral de escritórios, hospitais, restaurantes.
	400 - 600	Trabalhos manuais pouco exigentes. Oficinas em geral. Montagem de automóveis, indústria de confecções. Leitura ocasional e arquivo. Sala de primeiros socorros.
	1.000* - 1.500*	Trabalhos manuais precisos. Montagem de pequenas peças, instrumentos de precisão e componentes eletrônicos. Trabalhos com revisão e desenho detalhados.

Iluminação localizada	1.500 – 2.000	Trabalhos minuciosos e muito detalhados. Manipulação de peças pequenas e complexas. Trabalhos de relojoaria.
Tarefas especiais	3.000 – 10.000	Tarefas especiais de curta duração e de baixos contrastes, como em operações cirúrgicas.

Fonte: Iida e Guimarães (2016)

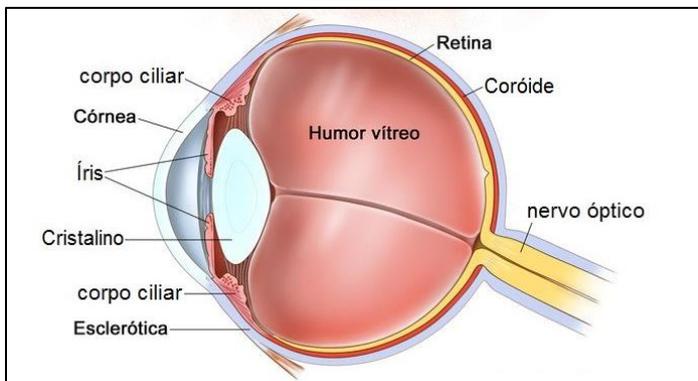
6.3 Visão

Segundo Iida e Guimarães (2016), a visão é o sentido mais importante que possuímos, tanto para o trabalho como para a vida diária. Essa importância é destacada por Masini (1994), ao indicar que é o sentido que promove a integração das atividades motora, perceptiva e mental. Além disso, pode ser entendido como o mais sofisticado e objetivo dos sentidos, permitindo o reconhecimento do mundo externo e fornece um relato minucioso e simultâneo de posição, forma, cor, tamanho e distância (FIGUEIRA, 2016).

Segundo Iida e Magalhães (2016), o olho humano é um globo em forma esférica, com estrutura que se assemelha a uma câmera fotográfica. É revestido por uma membrana e fica cheio de líquido. Quando os olhos estão abertos, a luz passa através da pupila, que é

uma abertura da íris. Tal como acontece na câmara fotográfica, a abertura da pupila ajusta-se automaticamente para controlar a quantidade de luz que penetra no olho. Essa luz aumenta na penumbra e se reduz sob luz forte. Logo atrás da pupila situa-se o cristalino, que é a lente do olho. O foco é ajustado com alterações na curvatura da lente, provocadas pela musculatura ciliar (pequenos músculos situados dentro do globo ocular). No fundo do olho fica a retina, que seria equivalente ao filme na analogia com a câmara fotográfica (IIDA e MAGALHÃES, 2016). Essa estrutura está sintetizada na Figura 8.

Figura 8- Representação esquemática da estrutura do olho humano



Fonte: <http://www.ofthalmologistahb.com.br/manual-anatomicamente-completo-sobre-o-olho-humano/>

A percepção visual apresenta características próprias, sendo as principais: Acuidade Visual; Acomodação; Convergência; e Percepção das cores (IIDA; MAGALHÃES, 2016). O Quadro 15 descreve cada uma delas.

Quadro 15 - Características da percepção visual

Características	Descrição
Acuidade Visual	Capacidade visual para discriminar pequenos detalhes. Depende de muitos fatores, sendo que os mais importantes são a intensidade luminosa e o tempo de exposição (IIDA e MAGALHÃES, 2016).
Acomodação	Capacidade dos olhos em focalizar objetos a várias distâncias. Isso torna-se possível pela mudança de forma do cristalino, pela ação dos músculos ciliares (IIDA e MAGALHÃES, 2016).
Convergência	Capacidade dos dois olhos se moverem coordenadamente, para focalizar o mesmo objeto. Esses movimentos são provocados por três pares de músculo oculares, que se situam na parte externa do globo ocular (IIDA e MAGALHÃES, 2016).
Percepção das cores	O olho humano é sensível a radiações eletromagnéticas na faixa de 400 a 750 nanômetros, ou a 0,4 a 0,75 microns, mas não tem sensibilidade uniforme para todos os comprimentos de onda dessa faixa (IIDA e MAGALHÃES, 2016).

Fonte: Elaboração própria (2018)

CAPÍTULO 7 – MODELOS ESTATÍSTICOS RELACIONAIS

Neste capítulo aborda-se a importância de alguns modelos estatísticos relacionais haja vista que a proposta deste livro é estudar a relação entre variáveis ambientais, percepção e desempenho de alunos em ambientes de ensino climatizados. Estatística é uma ciência que auxilia no processo de análise de dados. Sua importância é conhecida, assim como os inúmeros métodos que podem ser aplicados para oferecer as melhores condições de leitura e interpretação das informações. Nesse sentido, apresentam-se alguns modelos estatísticos relacionais que são ferramentas para análise do propósito deste livro.

7.1 Modelos Lineares Generalizados

Os dados coletados em uma pesquisa, conhecidos como dados brutos, por si só não possibilitam uma compreensão e entendimento crítico. Entretanto, quando eles passam por uma análise estatística, são submetidos a um processo de tratamento e validação,

possibilitando a interpretação e inferência (IGNÁCIO, 2010; NORMANDO *et al.*, 2010).

Além da estatística, a modelagem matemática surge como uma importante ferramenta na análise dos dados, pois possibilita compreender como as variáveis estão inter-relacionadas. O modelo pode ser entendido como uma representação da realidade ou de um evento, de modo que as características essenciais e o comportamento da situação analisada devem compor essa representação. Logo, por serem aplicados a situações reais, são utilizados em diferentes campos da atividade humana, como: Matemática, Economia, Física, Química, Psicologia, Comunicação, Demografia, Astronomia e Engenharia (SODRÉ, 2007).

Os Modelos Lineares Generalizados (MLG) estão entre os tipos de modelagem, e correspondem a uma síntese de modelos matemáticos, unificados nos aspectos teóricos e conceitual. Esse tipo de modelagem vem ganhando destaque nas últimas décadas, pois as características unificadas permitem uma análise

computacional mais rápida (ANTÓNIA; TURKMAN, 2000).

Antónia e Turkman (2000) exemplificaram os tipos de modelos matemáticos incorporados ao MLG:

- Modelo de regressão linear clássico,
- Modelos de análise de variância e covariância,
- Modelo de regressão logística,
- Modelo de regressão de Poisson,
- Modelos log-lineares para tabelas de contingência multidimensionais,
- Modelos *probit* para estudos de proporções, etc.

Os modelos lineares generalizados (MLG) possuem três componentes principais: (i) Componente aleatório, (ii) Componente sistêmico e (iii) Função de ligação (CORDEIRO; DEMÉTRIO 2008; DOBSON; BARNETT, 2008; TURKMAN; SILVA, 2000).

O primeiro (i), é representado pela variável resposta e deve pertencer a família da distribuição exponencial. O segundo (ii), se caracteriza por um

conjunto de p variáveis explicativas, representadas por $x_i = (x_1, x_2, x_{pi})$, onde $i=1,2,..,n$, que entram no modelo na forma de soma linear de seus efeitos; e o terceiro (iii), é uma função monótona e diferenciável, que relaciona o componente aleatório ao componente sistemático.

7.2 Análise Fatorial

A Análise Fatorial (AF) é uma técnica muito utilizada, pois transforma um conjunto inicial de variáveis em um conjunto simplificado de fatores (FACHEL, 1976; HAIR *et al.*, 2005). Ao tomar como exemplo um questionário, admite-se que ele é composto por inúmeras perguntas, que se relacionam ou não. Com a aplicação dessa técnica, são identificadas as relações fortes e criadas estruturas, denominadas de fatores.

Essa conceituação está intimamente associada ao termo Análise Fatorial Exploratória (AFE), que tem como objetivo investigar o agrupamento de um conjunto de itens, sem que exista uma definição prévia dos agrupamentos (DAMÁSIO, 2013). Em outras

palavras, busca definir o número e a natureza das variáveis latentes (fatores) que melhor representam um conjunto de variáveis observadas (WOOD, 2008; HARRINGTON, 2009).

Para aplicabilidade da AFE é necessário que um conjunto de requisitos sejam atendidos, que vão desde o tamanho da amostra, correlações, matriz anti-imagem, Teste de Barlett, Teste KMO, Medida de adequação da amostra, até o alpha de Cronbach. Os respectivos valores de referência estão expressos na Tabela 10.

Tabela 10 – Valores de referência para Análise Fatorial Confirmatória

REQUISITOS	REFERÊNCIA	FONTE
Tamanho da amostra	Utiliza-se um mínimo de 5 vezes mais observações do que o número de variáveis que compõe o banco de dados, sendo recomendável, todavia, que este coeficiente seja de 10 observações para cada variável	(HAIR JR. et al., 2005)
Correlações	Se a inspeção visual não revela um número substancial de correlações maiores que 0,30, então a análise fatorial provavelmente é	(FÁVERO <i>et al.</i> 2009)

	inapropriada	
Matriz Anti-Imagem	Correlações parciais ou correlações anti-imagem maiores são indicativos de uma matriz de dados que talvez não seja	(HAIR JR. et al., 2005)
Teste de Barlett	Hipótese nula: a matriz de correlações é uma matriz identidade, caso p-valor seja inferior a 0,005 rejeita-se a hipótese nula e pode-se aplicar a análise fatorial	(FÁVERO <i>et al.</i> 2009)
Teste KMO	1 – 0,9 (Muito boa) 0,8 – 0,9 (Boa) 0,7 – 0,8 (Média) 0,6 – 0,7 (Razoável) 0,5 – 0,6 (Má) <0,5 (Inaceitável)	(FÁVERO <i>et al.</i> 2009)
Medida de adequação à amostra	Valores de MAS inferiores a 0.5 indicam que essa variável não se ajusta à estrutura definida pelas outras variáveis e, neste caso deve considera-se a sua eliminação da AFE.	(FÁVERO <i>et al.</i> 2009)
Alpha de Cronbach	O valor ideal é acima de 0,7	(HUNDLEBY; NUNNALLY, 1968)

Fonte: Elaboração própria (2019)

Existe também a Análise Fatorial Confirmatória (AFC), que consiste em verificar a adequação de uma estrutura conceitual previamente definida. Ou seja, inicialmente define-se os itens que podem possuir

maior relação, em seguida aplica-se essa técnica para verificar e confirmar a estrutura proposta (DAMÁSIO, 2013).

Para aplicabilidade da AFC é necessário que um conjunto de requisitos sejam atendidos. Esses requisitos e os respectivos valores de referência estão expressos na Tabela 11.

Tabela 11 – Valores de referência para Análise Fatorial Confirmatória

ESTATISTICAS	VALORES DE REFERÊNCIA
X ² (Chi-square)	Significativo (p-valor < 0.05)
p-value	
CFI	[0.9 ; 0.95 [(Ajustamento bom)
GFI	
TLI	
PGFI	[0.6 ; 0.8 [(Ajustamento bom)
PCFI	
RMSEA	[0.05 ; 0.10 [(Ajustamento bom)
p-value	Significativo (p-valor < 0.05)

Fonte: Hair Jr. *et al.* (2005)

7.3 Equações Estruturais

Os pesquisadores normalmente possuem bancos de dados compostos por inúmeras variáveis, que

possuem entre si relações de dependência e independência. Nesses cenários, em que se identifica múltiplas relações de dependência entre as variáveis, recomenda-se a combinação das técnicas de regressão e análise fatorial para desenvolver uma análise fidedigna, precisa e clara das relações (DENISE *et al.*, 2012).

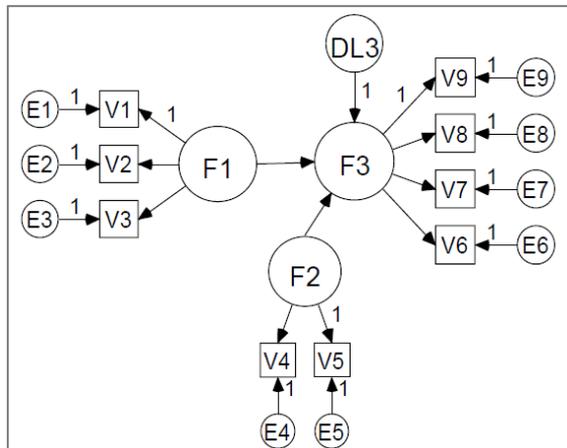
Nesse contexto, a modelagem com equações estruturais, denominada SEM – *Structural Equation Modeling*, em inglês, surge como um importante método, pois consiste em uma técnica multivariada de análise de dados que combina regressão múltipla e análise fatorial para estimar simultaneamente uma série de relações de dependência (DENISE *et al.*, 2012).

O desenvolvimento dessa técnica parte de um modelo teórico previamente definido, que determinará as múltiplas relações de dependência entre as variáveis. Esse modelo teórico também chamado de modelo conceitual, é submetido a uma série de testes, visando obter parâmetros que certifiquem a estrutura definida (PILATI; LAROS, 2007; DENISE *et al.*, 2012).

O exposto anterior permite considerar esse tipo de modelagem uma técnica confirmatória, pois o escopo de investigação foi desenvolvido previamente, antes da análise propriamente dita. Além disso, o estabelecimento de relações causais e a verificação da teoria inicial corroboram o caráter confirmatório desse tipo de técnica (PILATI; LAROS, 2007).

Para melhor compreensão dessa temática foi desenvolvida a Figura 9, em que se exemplifica um modelo genérico de equações estruturais. Observa-se que as variáveis coletadas são expressadas pela letra “V”, os erros associados a cada variável são apresentados pela letra “E”, os fatores (dimensões latentes) são representados pela sigla “F”, e os distúrbios, erros associados a cada variável dependente, são representados pela letra “D” (PILATI; LAROS, 2007).

Figura 9 – Exemplificação do Modelo de Equações Estruturais



Fonte: Pilati e Laros (2007)

Por fim, o modelo só é considerado aceitável quando obtém êxito em uma série de testes, que estão expressos na Tabela 12 e podem ser classificados em três grupos: Medidas de ajuste absoluto; Medidas de ajustes incremental e Medidas de ajuste parcimonioso.

Tabela 12 – Medidas de ajuste

Grupo	Medida	Recomendado
Medidas de ajuste absoluto	Qui-Quadrado (X^2)	Valores menores resultam em maiores níveis de significância
	Parâmetro de não centralidade (NCP)	Valores próximos de zero são melhores.
	Índice de qualidade do ajuste (GFI)	Quanto mais próximo de um melhor (Varia de 0 a 1).
	Raiz do resíduo quadrático médio (RMSR)	Valores inferiores a 0,10.

	Raiz do erro quadrático médio de aproximação (RMSEA)	Valores inferiores a 0,08.
Medidas de ajuste incremental	Índice ajustado de qualidade do ajuste (AGFI)	Recomenda-se acima de 0,9.
	Índice de ajuste não-ponderado (NNFI)	Recomenda-se acima de 0,9.
Medidas de ajuste parcimonioso	Índice de ajuste ponderado (NFI)	Recomenda-se acima de 0,9.
	Índice de ajuste comparativo (CFI)	Varia de zero (ajuste nulo) a um (ajuste perfeito)
	Índice de ajuste incremental (IFI)	Varia de zero (ajuste nulo) a um (ajuste perfeito)
	Índice de ajuste relativo (RFI)	Varia de zero (ajuste nulo) a um (ajuste perfeito)
	Critério de informação Akaike (AIC)	Varia de zero (ajuste perfeito) a um valor negativo (ajuste nulo)

Fonte: Adaptado de Hair Jr *et al.* (2005); Pilati e Laros (2007)

7.4 Redes Bayesianas

Uma Rede Bayesiana (RB) pode ser compreendida matematicamente como sendo uma representação otimizada de uma tabela probabilística que explica o relacionamento de um conjunto de variáveis. Além disso, é facilmente visualizada a partir

dos modelos gráficos, que expressam as relações de causalidade das variáveis (MARQUES; DUTRA, 2002).

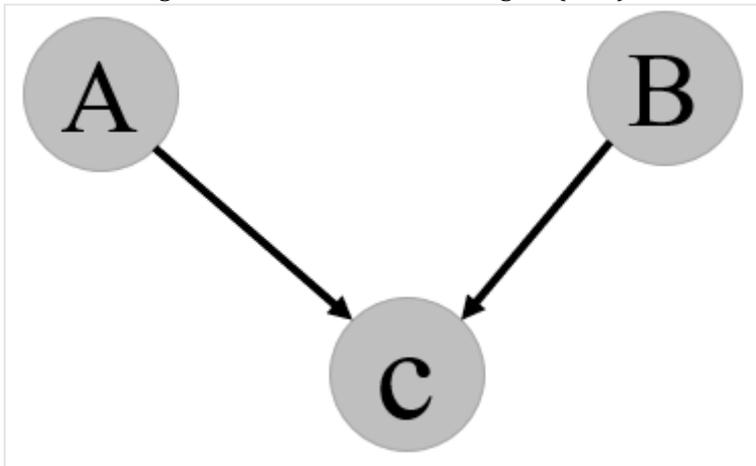
Essas redes se caracterizam pela presença de dois componentes. O primeiro é um componente qualitativo, representado pelo Gráfico Acíclico Dirigido (GAD), que pode ser encontrado a partir do conhecimento prévio ou pela análise do relacionamento entre as variáveis. O segundo, que trata do aspecto quantitativo, visa apresentar as distribuições de probabilidade condicional (GUERRERO-BARBOSA; AMARÍS-CASTRO, 2014).

No que tange o aspecto qualitativo, a representação das variáveis e das relações é desenvolvida a partir da Teoria dos Grafos. Conforme mostra a Figura 10, as variáveis são representadas pelos nós e os arcos identificam as relações entre as variáveis, formando um Gráfico Acíclico e Dirigido (GAD) (MARQUES; DUTRA, 2002).

Dessa forma, uma Rede Bayesiana é expressa a partir da junção de quatro elementos: (1) Um conjunto de variáveis e um conjunto de arcos ligando as

variáveis; (2) Cada variável possui um número limitado de estados mutuamente exclusivos; (3) As variáveis e arcos formam um grafo dirigido e sem ciclos DAG; (4) Para cada variável C que possui como pais A,B,C,...N existe uma tabela de probabilidade condicional (MARQUES; DUTRA, 2002).

Figura 10 – Gráfico Acíclico Dirigido (GAD)



Fonte: Elaboração própria (2019)

CAPÍTULO 8 – ASPECTOS COGNITIVOS

A aprendizagem consiste em um processo de recebimento, compreensão e armazenamento de um conhecimento, que desperta interesse e é considerado importante para o indivíduo em determinado período de tempo. No âmbito escolar, esse processo apresenta três fatores primordiais: os fatores motivacionais, fatores psicossociais e a capacidade cognitiva (INÁCIO, 2007; RIBEIRO, 2003).

Os fatores motivacionais associados ao comprometimento dos alunos são importantes, pois apresentam implicações na aprendizagem. Para Souza (2010), os alunos possuem estratégias de armazenamento de informações que podem otimizar o processo de aprendizagem, sendo denominadas de capacidades autorregulatórias. Entretanto, nem sempre a utilizam com o nível de envolvimento necessário para otimização desse processo.

Além disso, o contexto histórico, representado pelas experiências pessoais positivas e negativas, também influenciam no processo, criando uma

necessidade de compreensão das diferenças cognitivas e psicológicas dos estudantes (FELICETTI, 2011; LOURENÇO; PAIVA, 2010);

Com relação a esses fatores psicossociais, eles podem ser subdivididos em: responsabilidade, conhecimentos prévios e referências, pragmatismo, resistência à mudança, medo de errar e preocupação com a imagem, relação com o poder/autoridade. São elementos que podem resultar em exclusão do convívio social, déficit de atenção, inquietação e hiperatividade (INÁCIO, 2007; REIS, FERNANDES, GOMES 2010; VASCONCELOS *et al.*, 2005).

O último fator é a capacidade cognitiva, sendo expressa por variáveis como: raciocínio, atenção, concentração, memória, associação, compreensão, abstração, intuição e criatividade (ADRIOLA, 1997; ADRIOLA; CAVALCANTE, 1999; INACIO, 2007). A capacidade cognitiva é tratada como o principal fator no processo de ensino-aprendizagem, pois além de nortear o processo de aquisição de conhecimento, são singularidades dos estudantes e podem ser

influenciadas diretamente por inúmeras outras variáveis.

Comumente associa-se os aspectos cognitivos com a inteligência, que é considerada um dos atributos psicológicos mais valorizados. É um atributo que possui três habilidades mentais (Quadro 16), podendo ser desenvolvido a partir de um processo de ensino-aprendizagem eficiente. Esse desenvolvimento certifica que o processo educacional é de qualidade, tornando-se uma força motriz interna, possibilitando o avanço científico em diferentes segmentos (FARIA, PEPI e ALESI, 2004; TINOCO, 2007, WINCKLER; SANTAGADA, 2012).

Quadro 16 - Habilidades mentais

Habilidade mental	Descrição
Analítica	Processos mentais utilizados na aprendizagem de como solucionar problemas, como escolher uma estratégia de solução de problema e aplicá-la
Criativa	Habilidade de lidar com situações novas usando habilidades e conhecimentos existentes
Prática	Envolve habilidade de adaptar-se ao meio.

Fonte: Adaptado de Tinoco (2007)

Os aspectos cognitivos, representados pelo domínio da linguagem, raciocínio, memória, percepção visual, percepção auditiva, produção de ideias e velocidade cognitiva, estão associadas às capacidades humanas (PRIMI, 2003 *apud* CARROL, 1997). Essas capacidades por sua vez, se organizam em pelo menos dez grandes áreas de raciocínio conforme mostra o Quadro 17 (PRIMI, 2003; PRIMI *et al.*, 2012).

Quadro 17 - Dez áreas do raciocínio

Fator de estrato	Descrição
Inteligência Fluida (Gf)	Capacidade ligada às operações mentais de raciocínio em situações novas minimamente dependentes de conhecimentos adquiridos. Capacidade de resolver problemas novos, relacionar ideias, induzir conceitos abstratos, compreender implicações, extrapolação e reorganização de informações (os testes psicométricos do fator g geralmente avaliam a inteligência fluida tais como Raven, a maioria dos testes da BPR-5, Colúmbia, R1, INV, etc..)
Inteligência cristalizada (Gc)	Extensão e profundidade dos conhecimentos adquiridos de uma determinada cultura e a aplicação efetiva deste conhecimento. Capacidade de raciocínio adquirida pelo investimento da capacidade geral

	em experiências de aprendizagem. Primariamente baseada na linguagem. Está associado ao conhecimento declarativo (conhecimento de fatos, idéias, conceitos) e ao conhecimento de procedimentos (raciocinar com procedimentos aprendidos previamente para transformar o conhecimento).
Conhecimento Quantitativo (Gq)	Estoque de conhecimentos declarativos e de procedimentos quantitativos. Capacidade de usar informação quantitativa e manipular símbolos numéricos.
Leitura e Escrita (Grw)	Conhecimento adquirido em competências básicas da compreensão de textos e expressão escrita. Inclui desde habilidades elementares como decodificação em leitura e ortografia até habilidades mais complexas como a compreensão de textos e a composição de histórias.
Memória de Curto Prazo (Gsm)	Capacidade associada à manutenção de informações na consciência por um curto espaço de tempo para poder recuperá-las logo em seguida.
Processamento Visual (Gv)	Capacidade de gerar, perceber, armazenar, analisar, e transformar imagens visuais, isto é, os processos cognitivos específicos de processamento mental de imagens (geração, transformação, armazenamento e recuperação).
Processamento Auditivo (Ga)	Capacidade associada à percepção, análise e síntese de padrões sonoros. Capacidade discriminativa de padrões sonoros (incluindo a linguagem oral)

	particularmente quando apresentados em contextos mais complexos como, por exemplo, a percepção de nuances em estruturas musicais complexas.
Capacidade e Armazenamento e Recuperação da Memória de Longo Prazo (Glr)	Extensão e fluência que itens de informação ou conceitos são recuperados da memória de longo prazo por associação. Está ligada ao processo de armazenamento e recuperação posterior por associação. Capacidade de recuperar os itens de informação da base de conhecimentos por meio de associações. Este fator agrupa os testes psicométricos criados de avaliação da criatividade sendo muitas vezes chamado de domínio da produção de ideais.
Velocidade de Processamento (Gs)	Capacidade de manter a atenção e realizar rapidamente tarefas simples automatizadas em situações que pressionam o foco da atenção. Está geralmente ligado a situações em que há um intervalo fixo definido para que a pessoa execute o maior número possível de tarefas simples e repetitivas (sustentabilidade).
Rapidez de Decisão (Gt)	Rapidez em reagir ou tomar decisões envolvendo processamentos mais complexos. Refere-se à reação rápida a um problema envolvendo processamento e decisão (imediatez).

Fonte: Prime (2003)

No campo científico, avalia-se as habilidades cognitivas dos estudantes para entender como o

contexto ambiental e educacional está influenciando no processo de ensino aprendizagem (ADRIOLA, 1997; ADRIOLA, 1999; HOQUE; WEIL, 2016; JIANG *et al.*, 2018; LAN, WARGOCKI, LIAN, 2011; LIU *et al.*, 2017; SHAUGHNESSY *et al.*, 2008). Ou seja, a avaliação cognitiva é a forma utilizada para avaliar o desempenho dos estudantes no ambiente educacional.

Uma das formas de avaliação é a partir da Bateria de Prova de Raciocínio (BPR-5). Diversos estudos utilizam essa metodologia, pois permite uma análise holística do aspecto cognitivo (ALMEIDA e LEMOS, 2005; ALMEIDA *et al.*, 2010; LEMOS *et al.*, 2008; LEMOS *et al.* 2009; MONTEIRO e ANDRADE, 2005; SIQUEIRA, 2015; TORRES, 2016).

8.1 Bateria de Provas de Raciocínio (BPR)

A Bateria de Provas de Raciocínio (BPR) é um conjunto de provas desenvolvido para avaliar o aspecto cognitivo. De acordo com Lemos *et al.* (2009), esse tipo de avaliação contempla um conjunto sequencial de provas, destinadas a avaliar a capacidade de raciocínio indutivo e dedutivo, mediante análise das

relações entre elementos e aplicação dessas relações em novas situações.

O BPR-5 por sua vez, é o resultado da evolução de um conjunto de testes já desenvolvidos. A sua estrutura está subdividida em cinco subtestes: Raciocínio Abstrato (RA), Raciocínio Verbal (RV), Raciocínio Numérico (RN), Raciocínio Espacial (RE) e Raciocínio Mecânico (RM) conforme mostra o Quadro 18. Além disso, apresenta duas vertentes de aplicação: Forma A, destinada a alunos da sexta à oitava séries do Ensino Fundamental e Forma B, para alunos da primeira do Ensino Médio em diante (PRIMI; ALMEIDA, 2000).

Quadro 18 - Subtestes BPR-5

Subteste	Duração do teste	Capacidade específica	Área do raciocínio
Raciocínio Abstrato	5 minutos	Capacidade de raciocinar em situações novas, criar conceitos e compreender implicações	Inteligência fluida (Gf)
Raciocínio Verbal	4 minutos	Extensão e profundidade do conhecimento verbal	Inteligência fluida (Gf) e inteligência cristalizada (Gc)

		vocabular, e à capacidade de raciocinar utilizando conceitos previamente aprendidos	
Raciocínio Numérico	9 minutos	Compreensão de conceitos quantitativos básicos como soma, subtração, multiplicação, divisão e manipulação de símbolos numéricos	Inteligência fluida (Gf) e em parte à habilidade quantitativa (Gq)
Raciocínio espacial	8 minutos	Habilidade de representar e manipular imagens mentais	Inteligência fluida, mas, principalmente, à capacidade de processamento visual
Raciocínio Mecânico	7 minutos	Capacidade de integrar as informações em textos com a figura descritiva da situação-problema.	Inteligência fluida e aos conhecimentos práticos mecânicos

Fonte: Primi e Almeida (2000)

O primeiro passo (I) após aplicação do teste é converter o número de acertos de cada subteste em um

Escore Padrão Normalizado (EPN). Posteriormente, no segundo passo (II), converte-se o somatório de todos os acertos em um EPN, com Média = 100 e Desvio Padrão = 15. Na terceira etapa (III), compara-se os valores obtidos em cada subteste com os valores fornecidos no manual; e por fim, na quarta etapa (IV), denominada análise do Escore Geral (EG), obtém-se um panorama geral da capacidade cognitiva dos indivíduos (SIQUEIRA, 2015; VASCONCELOS, 2013).

CAPÍTULO 9 – O EXPERIMENTO

Os capítulos anteriores forneceram o aporte teórico necessário para o domínio da temática. A partir disso, torna-se possível se inserir na metodologia aplicada para compreender a relação entre as variáveis ambientais, percepção ambiental e desempenho de estudantes universitários em ambientes de ensino climatizados de diferentes regiões brasileiras.

Inicialmente, destaca-se que a metodologia experimental foi escolhida para nortear a obtenção dos dados. Essa escolha está relacionada a sua aplicabilidade, pois permite que os pesquisadores manipulem as variáveis e estabeleçam diferentes cenários para realizar as investigações.

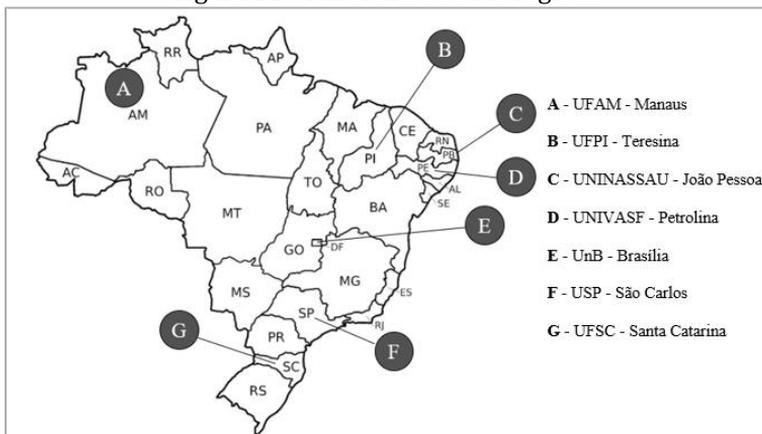
Dessa forma, para compreensão dos procedimentos metodológicos subdividiu-se o presente capítulo em: ambientes e amostra; variáveis e indicadores da pesquisa; coleta de dados e análise dos dados.

9.1 Ambientes e amostra

O experimento foi realizado em sete ambientes de ensino, com uma média de 30 alunos por sala (ambientes A,B,C,D,E,F e G), pertencentes a instituições de ensino superior (IES) de diferentes regiões do Brasil (Figura 11).

Os locais eram laboratórios de informática climatizados, atualmente conhecidos como ambientes de ensino com VD, pois possuem aparatos tecnológicos (computadores, datashow, wireless) que auxiliam no processo de ensino-aprendizagem.

Figura 11 – Ambientes e suas regiões



Fonte: Elaboração própria (2019)

Para garantir uma amostra homogênea e que permitisse a comparação entre os ambientes definiu-se alguns critérios de inclusão (Quadro 19). Os alunos são da área das ciências exatas, idade entre 17 e 30 anos, possuem boas condições de saúde, ou seja, não apresentam doenças cardiovasculares ou crônicas, não apresentam um Índice de Massa Corporal (IMC) superior a 30 e, por último, eles se comprometeram na participação dos três dias de coleta de dados.

Quadro 19 - Justificativa dos critérios de inclusão

Crítérios	Justificativa
Estudantes das ciências exatas	Foi definido essa área para buscar uma padronização amostral nos seis ambientes analisados.
Idade entre 17 e 30 anos	A faixa etária foi definida para buscar uma padronização amostral quanto a essa variável.
Boas condições de saúde	As condições de saúde influenciam na percepção e no desempenho. Para que não houvesse influência nos resultados definiu-se esse critério.
Não apresentasse IMC \geq 30	A taxa metabólica é proporcional ao peso e a área da superfície corporal. Além disso, pode influenciar nas trocas térmicas, repercutindo na percepção ambiental.

Fonte: Elaboração própria (2019)

9.2 Procedimento de coleta dos dados

Em todos os ambientes o experimento foi realizado utilizando os mesmos procedimentos metodológicos durante três dias consecutivos. Em cada dia foi aplicada uma condição térmica mediante fixação da temperatura dos aparelhos de ar-condicionado. Logo, simularam-se três situações: desconforto por frio, conforto, e desconforto por calor (Quadro 20).

O ajuste da temperatura para cada situação foi baseado na norma ISO 7730/2005. Essa norma indica que uma temperatura entre 22° e 24°C pode propiciar o conforto térmico, enquanto que valores abaixo desse intervalo tendem a propiciar o desconforto por frio; e acima, desconforto por calor. Logo, visando simular as três situações mencionadas anteriormente, manipulou-se a temperatura do ar para 20° C; 24° C; e 30°C. Essa variação de temperatura também foi adotada no procedimento metodológico de outras pesquisas (LAN, LIAN, e PAN 2010; LAN, WARGOCKI, e LIAN 2011; SIQUEIRA, 2015; TORRES, 2016).

Quadro 20 - Situações propostas

DIA	TEMPERATURA	SITUAÇÃO
1	20°C	Desconforto por frio
2	24°C	Conforto
3	28°C	Desconforto por calor

Fonte: Elaboração própria (2019)

No primeiro dia, em um ambiente específico (Sala 1), realizou-se uma explanação acerca dos objetivos da pesquisa, metodologia utilizada, e quais os procedimentos a serem feitos durante o período de coleta de dados. Posteriormente, explicou-se detalhadamente os questionários sobre percepção ambiental e a bateria de testes cognitivos. Os estudantes que aceitaram participar da pesquisa tiveram seu peso e altura aferidos.

A coleta de dados propriamente dita não foi realizada no mesmo ambiente da explanação da pesquisa (Sala 1). Pois, a movimentação das pessoas, e o processo de aferição de peso e altura geraram cargas térmicas que poderiam influenciar nas condições experimentais propostas. Logo, utilizou-se uma sala paralela (Sala 2) para coleta de dados propriamente dita.

Nos três dias os estudantes chegaram 30 minutos antes do início da coleta. Procedimento necessário para que ocorresse a estabilização da temperatura corporal e se aclimassem com as condições ambientais propostas. Além disso, em cada dia eles utilizaram os computadores para acessar os questionários e a bateria de testes através da ferramenta on-line para *Survey* “QUALTRICS”.

Enquanto os estudantes respondiam os questionários e realizavam a bateria de testes cognitivos, as variáveis ambientais estavam sendo aferidas paralelamente. Para uma visão holística de todas as atividades realizadas em cada um dos dias de coleta nos respectivos ambientes desenvolveu-se o Quadro 21.

Quadro 21 - Atividades realizadas

	DIA 1	DIA 2 E 3	DESCRIÇÃO
Sala 1	<ul style="list-style-type: none"> • Recepção dos alunos • Explicação da pesquisa • Entrega dos termos • Aferição de altura, peso e 	<ul style="list-style-type: none"> • Recepção dos alunos 	Realizada na Sala 1 antes do início das coletas. Com a presença de alunos e pesquisadores.

	pressão.		
Sala 2	<ul style="list-style-type: none"> • Adequação das condições ambientais a temperatura proposta. • Instalação dos equipamentos. • Ligar os computadores e deixar pronto para o acesso. 	<ul style="list-style-type: none"> • Adequação das condições ambientais a temperatura proposta. • Instalação dos equipamentos. • Ligar os computadores e deixar pronto para o acesso. 	Realizada na Sala 2 antes do início das coletas. Sem a presença dos alunos.
	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilização de 30 minutos necessária tanto para equipamentos como para os estudantes. • Instalação dos aparelhos de pressão. • Acesso aos questionários e bateria de testes. • Aferição das variáveis ambientais . 	<ul style="list-style-type: none"> • Estabilização de 30 minutos necessária tanto para equipamentos como para os estudantes. • Instalação dos aparelhos de pressão. • Acesso aos questionários e bateria de testes. • Aferição das variáveis ambientais . 	Realizada na Sala 2 durante as coletas.

Fonte: Elaboração própria (2018)

9.3.1 Variáveis pessoais

Inicialmente, as primeiras informações pessoais extraídas foram altura e peso. Com relação à altura, utilizou-se o procedimento convencional: fita métrica. Para medir o peso, era necessário que os pesquisados estivessem utilizando apenas a roupa do corpo, ou seja, qualquer outro tipo de objeto foi retirado no momento da aferição. Diante disso, mediu-se o peso utilizando uma balança digital que possuía capacidade de 150 kg.

Os dados foram anotados manualmente em uma planilha, posteriormente tabulados digitalmente utilizando o Microsoft Excel, que também foi utilizado para calcular o Índice de Massa Corporal (IMC) de cada participante de acordo com a Equação 19. Aqueles que apresentavam $IMC > 30$, que indica obesidade, foram retirados da pesquisa.

$$IMC = \frac{Peso (kg)}{altura^2(m)} \quad (3)$$

Posteriormente, os estudantes acessaram o questionário online e responderam às seguintes questões pessoais: Número de referência do computador, curso, turma, data de nascimento, estado

civil, sexo, grupo étnico, praticante ou não de atividade física, portador ou não de doença crônica, principais doenças históricas da família, etc.

Por fim, o questionário também permitiu identificar a vestimenta utilizada. Essa identificação permitiu que fosse calculada a resistência térmica da vestimenta (ICL) de cada estudante em cada dia de análise. Além disso, adotou-se o valor de $69,8 \text{ W/m}^2$ ou $1,2 \text{ Met}$ como sendo a taxa metabólica de cada estudante. Pois, a atividade realizada não apresentava grande esforço físico.

A resistência térmica da roupa e a taxa metabólica são duas variáveis importantes, pois, como mencionado em capítulos anteriores, são informações necessárias no cálculo dos índices avaliadores PMV e PPD.

9.3.2 Variáveis ambientais

Em um determinado ambiente quando se define uma temperatura do ar através do aparelho de ar-condicionado, muito provavelmente as condições térmicas reais apresentarão discordâncias com o que

foi proposto. Por exemplo, quando se estipula 24° C no controle do aparelho, a temperatura do ambiente pode ser um pouco superior ou inferior a isso. Tal situação acontece em função de infiltração do ar através de frestas ou ocasionais aberturas de portas, oscilações de voltagem, bem como da perda de eficiência do sistema de ar condicionado por manutenção deficiente.

Diante da situação apresentada e visando posteriormente calcular o índice PMV coletou-se os dados referentes às variáveis térmicas. Para isso, utilizou-se o medidor de estresse térmico TGD 300 e a estação microclimática BABUC A. Tais aparelhos estavam devidamente calibrados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) do Rio Grande do Norte (RN) e atendiam às exigências da Norma ISO 7726 (1998).

Ainda baseado nesta norma, os equipamentos foram posicionados e instalados no centro do ambiente, em altura compatível a posição do ombro dos participantes que estavam utilizando os computadores. Esses equipamentos foram instalados

cerca de 30 minutos antes do início da coleta para que estabilizassem diante das condições do ambiente. Além disso, os referidos instrumentos foram programados para registrar os dados das variáveis de minuto a minuto e abrangeram as seguintes variáveis: Temperatura do ar (°C), Temperatura de bulbo úmido (°C), Temperatura de globo (°C), Temperatura radiante média (°C), Umidade relativa do ar (%) e Velocidade do ar (m/s).

Outra variável aferida foi a qualidade do ar. Como mencionado em capítulos anteriores, existem inúmeros indicadores de avaliação para essa variável. No entanto, na presente pesquisa utilizou-se a avaliação do Material Particulado com diâmetro $\leq 2,5 \mu\text{m}$ (PM_{2,5}). A metodologia utilizada foi baseada na norma ISO 14644-1 (2005), que estipula o número de pontos de coleta como sendo a raiz quadrada da área ambiental analisada.

A terceira variável analisada foi a iluminação do ambiente, que possui como parâmetros importantes: iluminância; ofuscamento; direcionalidade da luz;

aspectos da cor da luz e superfícies; cintilação; luz natural e manutenção. Um dos parâmetros mais utilizados na avaliação dessa variável é a iluminância.

Os níveis de iluminância (lux) foram medidos de acordo com a metodologia estabelecida pela norma ISO 8995 (2013). A avaliação foi dividida em duas etapas: Avaliação geral (I) e Avaliação pontual (II), utilizando o Luxímetro modelo *Phywe*. Na primeira avaliação, o equipamento foi posicionado na altura em que a atividade estava sendo desempenhada, com distância mínima de um metro das paredes ou superfícies refletoras; e distante 1,5 metros das janelas e portas. Na segunda avaliação, o equipamento foi posicionado em cada posto de trabalho, visando compreender os níveis existentes em cada local.

A última variável analisada foi o ruído, com enfoque nos níveis de pressão sonora. Para isso, utilizou-se o Decibelímetro Sound Analyser L-2050, que possuía uma escala de medição delimitada entre 30 e 140 dB. Esse tipo de equipamento mede a intensidade da pressão sonora e expõe os valores

mensurados em escala de decibéis (dB) mediante escolha do tempo de resposta.

Os procedimentos adotados tiveram como base a norma NBR 10151, logo, os equipamentos foram posicionados em pontos estratégicos a uma distância mínima de 1 metro de qualquer superfície. A pressão sonora dos locais foi a resultante da média aritmética de pelo menos três pontos distintos, afastadas entre si pelo menos 0,5 metros.

O Quadro 22 abaixo traz uma síntese dos equipamentos utilizados para aferição de cada uma das variáveis mencionadas anteriormente.

Quadro 22 - Variáveis e equipamentos utilizados

Grupo	Variáveis	Medições	Locais de medição	Equipamentos	Período da medição
Térmica	Temperatura do ar (°C)	Contínuas	No centro e nas extremidades do ambiente.	TGD 300 e BABUC A	Do início ao fim do experimento
	Umidade Relativa (%)	Contínuas			
	Temperatura de globo (°C)	Contínuas			
	Temperatura radiante média(°C)	Contínuas			
	Umidade Relativa (%)	Contínuas			
Qualidade do ar	Material particulad	Dez vezes para cada	Nas extremida	Fluke 983	Durante a realização

	$\rho < 5$ (P/m^3)	ponto	des e em quatro pontos centrais.		da bateria de testes cognitivos.
Lumínica	Iluminância (Lux)	Três vezes para cada ponto.	Os pontos eram os postos de trabalho ocupados.	Luxímetro <i>Phywe</i>	
Acústica	Leq (DB)	Cinco vezes em cada ponto	No centro e nas extremidades do ambiente.	Sound Analyser L-2050	

Fonte: Elaboração própria (2019)

9.3.3 Percepção ambiental

No questionário respondido pelos estudantes haviam indagações acerca das variáveis ambientais. Logo, os parâmetros subjetivos foram aferidos durante os três dias de coleta para entender a percepção dos estudantes com relação às condições a que foram submetidos.

Com relação a variável térmica questionou-se a sensação, percepção de conforto e a preferência térmica. Para isso, as questões foram baseadas nas escalas de sete pontos de percepção e preferência da norma ISO 10551 (1995) e ASHRAE 55 (2013). A

Tabela 13 apresenta as escalas utilizadas, em que a escala (I) refere-se à sensação térmica; a escala (II) à preferência térmica; e a escala (III) o conforto térmico.

Tabela 13 – Escalas de sensação, preferência e conforto térmico

Sensação térmica (I)		Preferência térmica (II)		Conforto térmico (III)	
-3	Muito frio	-3	Muito mais frio	1	Confortável
-2	Frio	-2	Mais frio		
-1	Levemente frio	-1	Um pouco mais frio	2	Levemente desconfortável
0	Neutro	0	Assim mesmo		
1	Levemente quente	1	Um pouco mais quente	3	Desconfortável
2	Quente	2	Mais quente		
3	Muito quente	3	Muito mais quente	4	Muito desconfortável

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para avaliar a percepção com relação a qualidade do ar, questionou-se acerca da satisfação com relação a essa variável e a satisfação com a circulação do ar no posto de trabalho.

Para avaliar a percepção com relação a iluminação, questionou-se acerca da satisfação com relação a quantidade de luz na mesa de trabalho; a satisfação com relação a quantidade de luz para o trabalho com computador; a satisfação com a

quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador; e por último, a satisfação com relação a quantidade da iluminação na área de trabalho.

Por fim, para avaliar a percepção com relação ao ruído do ambiente, questionou-se a satisfação quanto ao nível de ruído proveniente de outras pessoas; e a satisfação com relação ao nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) existente na área de trabalho.

A escala de satisfação utilizada na avaliação da percepção quanto a qualidade do ar, iluminação e ruído, variou em uma escala de sete pontos. Essa variação pode ser visualizada no Quadro 23, que resume todas as questões levantadas de acordo com as variáveis e as respectivas escalas de avaliação.

Quadro 23 - Resumo das questões e escalas de avaliação utilizadas

Variáveis	Questões	Escala de avaliação
Térmica	Qual sua percepção quanto a sensação térmica	-3=Muito frio; -2=Frio; -1=Levemente frio; 0=Neutro; 1= Levemente quente; 2= Quente;

		3= Muito quente
	Qual sua percepção quanto ao Conforto térmico	-3=Muito mais frio; -2= Mais Frio; -1= Muito mais frio; 0=Assim mesmo; 1= Um pouco mais quente; 2= Mais Quente; 3= Muito mais quente
	Qual sua percepção quanto ao Desejo térmico	1=Confortável; 2= Levemente desconfortável; 3= Desconfortável; 4= Muito desconfortável
Qualidade do ar	Qual sua satisfação com relação qualidade do ar (em geral) na sua área de trabalho	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
	Qual sua satisfação com relação a circulação do ar no posto de trabalho	
Iluminação	Qual sua satisfação com relação a quantidade de luz na mesa de trabalho	
	Qual sua satisfação com relação a quantidade de luz para o trabalho com computador	
	Qual sua satisfação com relação a quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do	

Iluminação	computador	1=Muito insatisfatório; 2=Insatisfatório; 3=Levemente insatisfatório; 4=Neutro; 5=Levemente satisfatório; 6=Satisfatório; 7=Muito insatisfatório
	Qual sua satisfação com relação a qualidade da iluminação na sua área de trabalho	
Ruído	Qual sua satisfação com relação ao nível de ruído proveniente de outras pessoas	
	Qual sua satisfação com o nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) que você ouviu da sua área de trabalho	

Fonte: Elaboração própria (2019)

9.3.4 Desempenho dos estudantes

O desempenho dos estudantes foi avaliado através da avaliação das habilidades cognitivas. Para isso, desenvolveu-se três testes a partir da decomposição do Teste BPR-5, que é subdividido em cinco baterias: Raciocínio verbal (RV); Raciocínio abstrato (RA); Raciocínio Mecânico (RM); Raciocínio espacial (RE); e Raciocínio numérico (RN).

Para o teste de raciocínio verbal analisa-se a classe e o tipo de relação entre as palavras. Com relação ao teste de raciocínio numérico, é abordado o tamanho da sequência numérica, as operações

matemáticas utilizadas, o número de sequências lógicas utilizadas e a complexidade das sequências lógicas. Com relação ao teste de raciocínio abstrato, compreende-se o entendimento acerca das regras de modificação e o número de tipos de regras de modificação. Já no teste de raciocínio espacial, analisa-se o número de eixos de rotação, sentidos de rotação, faces visíveis dos cubos e presença de estímulos visuais nas bordas das faces dos cubos. Por fim, a prova de raciocínio mecânico, que analisa o tipo de conhecimento em física (ALMEIDA; PRIMI, 2004; CAMPOS, 2005; PRIMI; ALMEIDA, 2000; SIQUEIRA, 2015; TORRES, 2016; VASCONCELOS, 2013).

Como o experimento foi realizado em três dias, e buscava-se analisar o desempenho de acordo com as diferentes condições ambientais, desenvolveu-se três testes. Os testes apresentavam níveis idênticos de dificuldade, e foram desenvolvidos a partir da decomposição e reorganização das baterias de testes do BPR-5.

Em cada dia os estudantes realizavam um dos testes, não podendo repetir o teste já realizado. Cada bateria apresentava 4 questões com um tempo máximo para resolução. Além disso, cada questão apresentava a variável tempo de resposta, para aferir o tempo utilizado na resolução da questão.

A estrutura dos testes aplicados está descrita no Quadro 24 abaixo.

Quadro 24 - Estrutura dos testes aplicados

Teste	Questões	Duração	Descrição
Raciocínio verbal (RV)	4	4 minutos	A relação analógica existente entre um primeiro par de palavras deverá ser descoberta e aplicada de forma que identifique a quarta palavra entre as cinco alternativas de resposta que mantenha a mesma relação com uma terceira apresentada (PRIMI; ALMEIDA, 2000; ALMEIDA; PRIMI, 2004).
Raciocínio Abstrato (RA)	4	8 minutos	É necessário que se descubra a relação existente entre os dois primeiros termos e aplicá-la ao terceiro, para se identificar a quarta figura entre as cinco alternativas de resposta (PRIMI; ALMEIDA, 2000; ALMEIDA; PRIMI, 2004).

Raciocínio Mecânico (RM)	4	8 minutos	Constituídos por gravuras que retratam um problema e opção de resposta. As questões são compostas por problemas práticos que envolvem conteúdos físico-mecânicos. A resposta é dada escolhendo-se entre as alternativas de resposta aquela que melhor responde à questão proposta pelo problema (PRIMI; ALMEIDA, 2000; ALMEIDA; PRIMI, 2004).
Raciocínio Espacial (RE)	4	10 minutos	Existem séries de cubos tridimensionais em movimento. Os movimentos podem ser constantes, por exemplo, sempre para a direita, ou alternados, por exemplo, para esquerda e para cima. Descobrimo-se o movimento, por meio da análise das diferentes faces, deve escolher-se entre as alternativas de resposta a representação do cubo que se seguiria se o movimento descoberto fosse aplicado ao último cubo da série (PRIMI; ALMEIDA, 2000; ALMEIDA; PRIMI, 2004).
Raciocínio Numérico (RN)	4	10 minutos	Prova composta na forma de séries de números lineares ou alternadas, em que o sujeito deve descobrir qual a relação aritmética que rege as progressões nas séries e

			aplicá-la respondendo quais seriam os dois últimos números que completariam a série (PRIMI; ALMEIDA, 2000; ALMEIDA; PRIMI, 2004).
--	--	--	---

Fonte: Elaboração própria (2019)

9.4 Procedimento de análise dos dados

A análise dos dados foi subdividida em dois grupos conforme mostra Quadro 25. O primeiro representa os tópicos que foram analisados sob a ótica descritiva, enquanto que o segundo apresenta as análises que demandaram tratamento estatístico mais refinado.

Quadro 25 - Grupo, tipo de análise e tópicos

Grupo	Tipo de análise	Tópicos
I	Descritiva	Descrição da amostra
		Descrição das variáveis ambientais
		Descrição da percepção ambiental
II	Estatística	Influência das variáveis ambientais no desempenho
		Dimensões perceptivas
		Influência das dimensões perceptivas no desempenho
		Relações entre as dimensões perceptivas

Fonte: Elaboração própria (2019)

9.4.1 Análises descritivas

Com relação a descrição da amostra, calculou-se a média e o desvio padrão da idade e do índice de massa corporal dos estudantes de cada ambiente. Além disso, mensurou-se o percentual amostral pertencente ao sexo masculino e feminino de cada ambiente.

No que tange a descrição das variáveis ambientais, calculou-se as médias das seguintes variáveis: Temperatura do ar, Temperatura de globo, Temperatura radiante média, Umidade relativa, Iluminância, Nível de ruído e Material Particulado. Esses valores foram obtidos para os três dias de análise realizados em cada ambiente.

Além disso, o questionário perceptivo foi analisado e calculou-se os percentuais das respostas obtidas em cada dia de investigação realizada nos sete ambientes de ensino.

Por fim, destaca-se que todas as análises mencionadas anteriormente foram desenvolvidas utilizando os softwares Microsoft Excel e R-Project 3.6.1.

9.4.2 Análise estatística relacional

Para analisar a influência das variáveis ambientais no desempenho utilizou-se modelos lineares generalizados. Antes de se iniciar nos procedimentos utilizados, é importante salientar que as variáveis ambientais testadas foram anteriormente apresentadas.

Além disso, o desempenho foi representado pelo número total de acertos e tempo de resposta dos testes. Com relação ao primeiro, categorizou-se em dois grupos: Bom desempenho, para os que acertaram mais que 70%; e mau desempenho, para os que acertaram menos que 70% das questões. Com relação ao segundo, categorizou-se o tempo de resposta em curto, médio e longo para que se pudesse desenvolver as análises de forma mais efetiva.

A partir dessas informações básicas é possível desenvolver os modelos matemáticos. Primeiramente, analisou-se a influência das variáveis ambientais no número total de acertos utilizando um modelo de

regressão logística binomial, com a função de ligação logit.

Em seguida, analisou-se a influência das variáveis ambientais no tempo de resposta utilizando um modelo de regressão logística binomial, com a função de ligação logit.

O desenvolvimento desses modelos seguiu as mesmas etapas. Inicialmente, definiu-se o desempenho como variável dependente e as variáveis ambientais como independentes.

Posteriormente, analisou-se o nível de significância (p-valor) das variáveis ambientais presentes no modelo. As que possuíam $p\text{-valor} > 0,05$ não apresentavam relação com a variável dependente e foram retiradas do modelo.

Diante disso, os modelos finais que apresentavam apenas relações significativas entre as variáveis ambientais e o desempenho foram submetidos a uma série de diagnósticos: Análise da função de ligação e variância, verificação da distribuição da variável resposta e análise de resíduos.

Após aprovação nesses testes os modelos estavam prontos para serem interpretados. Entre as informações existentes encontrava-se a razão da chance, que foi a vertente escolhida para explicar a influência das variáveis ambientais no desempenho.

Após o término dessa primeira análise, direcionou-se as atenções aos aspectos subjetivos. As questões perceptivas individualmente não apresentavam relação direta com o desempenho, logo tornou-se necessário o desenvolvimento de dimensões, isto é, criar grupos com as questões aplicadas para investigar a potencial relação com o desempenho.

Diante dessa necessidade, aplicou-se inicialmente uma Análise Fatorial Exploratória (AFE) para identificar as questões que estavam associadas e poderiam constituir um grupo ou dimensão.

A aplicabilidade desse método foi ratificada através do Teste de Bartlett, Teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), Medida de Adequação da Amostra e do Teste Alfa de Cronbach.

Posteriormente, aplicou-se uma Análise Fatorial Confirmatória (AFC) para averiguar e comprovar o modelo teórico proposto na AFE. Os resultados encontrados foram diagnosticados a partir dos seguintes testes: P-valor, Qui-Quadrado, Índice de Qualidade do Ajuste (GFI), Raiz do erro quadrático médio de aproximação (RMSEA), Índice de ajuste comparativo (CFI) e outros (GFI, TLI, PGFI, PCFI).

Após confirmação das dimensões perceptivas na AFC, aplicou-se modelos de equações estruturais para relacioná-las com o desempenho. Dessa forma, obteve-se um modelo que envolveu as dimensões perceptivas que apresentaram relações significativas com o número total de acertos e o tempo de resposta nos testes.

O processo inicial para desenvolvimento de modelo de equações estruturais é o mesmo utilizado na Análise Fatorial Confirmatória (AFC). Dessa forma, os diagnósticos iniciais foram os mesmos utilizados nesse método.

Posteriormente, analisou-se a significância das dimensões e retirou-se as que possuíam p-valor $> 0,005$. As dimensões remanescentes constituíram o modelo final, que explicou a relação entre os aspectos subjetivos e o desempenho.

Por fim, era importante compreender como as dimensões perceptivas estavam se relacionando. Dessa forma, aplicou-se Redes Bayesianas para encontrar uma estrutura gráfica que expressasse as relações entre as dimensões e as relacionassem com o tempo de resposta e o total de acertos nos testes a partir de cenários probabilísticos.

O desenvolvimento da rede partiu da busca de um grafo inicial a partir de dois critérios: *Mutual Information* (MI) e Qui-quadrado, através dos algoritmos Hill-Climbing e Tabu.

Em seguida, diagnosticou-se as relações encontradas a partir da Curva Roc, expressa pelos valores AUC. Após aprovação e validação da rede, desenvolveu-se cenários probabilísticos para o número total de acertos e o tempo de resposta.

As análises mencionadas nesse tópico, sintetizadas no Quadro 26, foram desenvolvidas utilizando o software estatístico R-Project 3.6.1.

Quadro 26 – Tópicos e métodos estatísticos utilizados

Tópicos	Métodos Estatísticos
Influência das variáveis ambientais no desempenho	Modelo de regressão logística
Dimensões perceptivas	Análise Fatorial Exploratória Análise Fatorial Confirmatória
Influência das dimensões perceptivas no desempenho	Equações Estruturais
Relações entre as dimensões perceptivas	Redes Bayesianas

Fonte: Elaboração própria (2019)

CAPÍTULO 10 - CONHECENDO OS AMBIENTES, A AMOSTRA, AS VARIÁVEIS AMBIENTAIS E A PERCEPÇÃO AMBIENTAL

Este capítulo apresenta um panorama geral dos ambientes analisados, uma descrição do perfil dos estudantes, as condições das variáveis ambientais durante a realização do experimento e a percepção dos estudantes quanto às condições termoambiental.

10.1 Descrição dos ambientes analisados

10.1.1 Ambiente A

O ambiente “A” estava situado na Universidade Federal do Amazonas (UFAM), localizada cidade de Manaus, estado do Amazonas, região norte. O ambiente possuía uma área de cerca 70 m²; ocupada por 10 bancadas com 3 computadores cada, totalizando 30 estações de trabalho.

O ambiente era climatizado por um aparelho do tipo Split; apresentava iluminação artificial; e possuía as paredes laterais compostas por janelas que propiciam iluminação natural durante o dia.

10.1.2 Ambiente B

O ambiente “B” pertencia à Universidade Federal do Piauí (UFPI), localizada na cidade de Teresina, estado do Piauí, região nordeste. O ambiente possuía uma área de cerca de 112 m², ocupada por 10 bancadas que possuíam no seu total 48 computadores.

O ambiente era climatizado por dois aparelhos do tipo Split; apresentava iluminação artificial; e possuía duas janelas que permitiam em determinados momentos a iluminação natural.

10.1.3 Ambiente C

O ambiente “C” pertencia a uma faculdade privada (UNINASSAU) localizada na cidade de João Pessoa, Estado da Paraíba, região nordeste. O ambiente possuía área de 76,44 m²; ocupado por 12 bancadas com 3 computadores cada, totalizando 36 postos de trabalho; existia um sistema de climatização tipo Split; a iluminação era artificial; e apresentava duas janelas com proteções na cor preta que impediam o fluxo da energia solar e da iluminação natural.

10.1.4 Ambiente D

O ambiente “D” estava situado em uma universidade pública (UNIVASF) localizada na cidade de Petrolina, estado de Pernambuco, região nordeste. Esse ambiente possuía 100 m²; ocupado por 5 bancadas com 5 computadores cada, totalizando 25 postos de trabalho; por fim, continha bancadas e cadeiras para livre utilização.

O ambiente possuía climatização mecânica através de dois aparelhos do tipo Split; apresentava iluminação artificial; e possuía seis janelas com proteção contra incidência direta da radiação solar.

10.1.5 Ambiente E

O ambiente “E” estava situado na Universidade de Brasília (UNB), campus de Brasília, Distrito Federal, região centro-oeste. O ambiente possuía uma área de 86,93 m², sendo ocupado por 10 bancadas com 4 mesas de trabalho, totalizando 40 estações de trabalho.

O ambiente era climatizado com dois aparelhos do tipo Split, apresentando iluminação artificial e

janelas com proteção contra incidência direta da radiação solar.

10.1.6 Ambiente F

O ambiente “F” estava situado no Instituto de Matemática da Universidade de São Paulo (USP), campus de São Carlos, estado de São Paulo, região sudeste. O ambiente possuía uma área de 61,68 m², sendo ocupado por 10 bancadas com 4 estações cada, totalizando 40 estações de trabalho.

O ambiente era climatizado com dois aparelhos do tipo Split, apresentando iluminação artificial, sendo toda a parede inferior dotadas de janelas.

10.1.7 Ambiente G

O ambiente “G” pertencia à Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), campus de Florianópolis, estado de Santa Catarina, região sul. Esse ambiente possuía uma área de aproximadamente 49,7 m²; ocupada por 25 estações de trabalho.

O ambiente era climatizado com dois aparelhos do tipo Split; possuía iluminação artificial e

apresentava a parede inferior composta por três janelas vedadas por cortinas.

10.2 Descrição da amostra

As características da amostra analisada estão expressas na Tabela 14, que apresenta o número de indivíduos por ambiente; a idade média e o desvio padrão; o IMC médio e o desvio padrão; e a porcentagem de indivíduos por sexo em cada ambiente.

Além disso, apresenta-se também os números totais da amostra. Observa-se que a amostra analisada no presente estudo foi de 187 indivíduos, com uma idade média 21 anos, apresentando um índice de massa corporal médio de 24,15, sendo composta prioritariamente por indivíduos do sexo masculino (70%).

Por fim, como o presente experimento foi realizado em três dias consecutivos, os 187 indivíduos que compuseram o número amostral total foram os mesmos nos três dias de análises, o que resultou no número total 561 análises subjetivas.

Tabela 14 - Características da amostra

Amb.	Amostra	Idade (média)	IMC (médio)	Masculino	Feminino
A	73	20	24	(65,75%)	(34,25%)
B	14	22	23,70	(65%)	(35%)
C	26	23	24	(77%)	(23%)
D	27	19	24,78	(56%)	(44%)
E	15	22,7	22,95	(73%)	(27%)
F	15	26,3	25,06	(73%)	(27%)
G	17	19	23	(100%)	(0%)
Total amostral	187	21	24,15	(70%)	(30%)

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.3 Descrição das variáveis ambientais

As condições ambientais obtidas durante o experimento para cada ambiente estão expressas em três tabelas a seguir. A

Tabela 15 apresenta os parâmetros encontrados no Dia 1, em que foi proposto a menor temperatura do ar. A Tabela 16 apresenta os parâmetros encontrados no Dia 2, em que foi proposta a temperatura intermediária; e a Tabela 17 apresenta os parâmetros

encontrados no Dia 3, em que foi proposta a maior temperatura do ar.

Tabela 15 – Variáveis ambientais mensuradas no Dia 1

	A	B	C	D	E	F	G
Ta (°C)	22,8± 0,02	20,07 ±0,1	20,3± 0,02	22,4±0 ,01	24,5±0 ,07	23,09± 0,01	22,7±0 ,01
Tg (°C)	22,9± 0,01	21,03 ±0,1	23,3± 0,02	23,2±0 ,01	24,37± 0,1	23,73± 0,1	23,2±0 ,01
Trm (°C)	22,97 ±0,1	21,41 ±0,1	24,1± 0,01	23,7±0 ,01	24,02± 0,1	23,94± 0,1	24,1±0 ,01
UR (%)	51,54 ±1,5	69,21 ±0,1	64,53 ±0,3	64,53± 0,01	65,1±5 ,91	48,17± 0,6	66,3±0 ,05
Iluminâ ncia (LUX)	208±4 9,3	203±1 6,1	237 ± 49,1	321 ±8 3,48	154±4 9	315±1 06	106±5 5,48
Leq (dB)	57,3 ±1,6	59,02 ±1,1	54,64 ±1,4	65,41± 5,05	57,87± 2,91	51,76± 0,93	50,53± 5,
MP ≤ 5 µm (P/m³)	34.923	29.206	24.850	23.720	25.683	22.063	17.321

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 16 – Variáveis ambientais mensuradas no Dia 2

	A	B	C	D	E	F	G
Ta (°C)	24,9±0,03	22,95±0,2	23,4±0,01	23,04±0,01	24,5±0,02	23,30±0,07	24±0,04
Tg (°C)	25,1±0,03	24,12±0,2	24,2±0,01	24,04±0,02	24,5±0,03	23,95±0,03	24,7±0,02
Trm (°C)	25,5±0,15	24,74±0,2	24,3±0,01	24,64±0,08	24,4±0,3	24,17±0,14	24,7±0,02
UR (%)	55,46±1,1	67,54±0,2	59,5±0,06	64,53±0,01	58,04±1,9	53,92±0,73	62,9±0,22
Iluminância (LUX)	284±48,72	193±21	203±49	246,23±73	157±45	328±105	124±53
Leq (dB)	53,63±1,8	56,02±1,3	56,07±4,1	61,42±9,3	58,1±1,35	53,42±1,82	57,32±3,7
MP ≤ 5 μm (P/m³)	33.846	25.252	22.387	23.440	24.240	15.271	19.208

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 17 – Variáveis ambientais mensuradas no Dia 3

	A	B	C	D	E	F	G
Ta (°C)	30,8±0,08	33,72±0,1	29,39±0,1	28,52±0,05	24,8±0,06	28,80±0,02	28,5±0,05
Tg (°C)	29,7±0,02	29,95±0,1	29,5±0,05	27,94±0,18	24,58±0,03	27,79±0,06	28,7±0,05
Trm (°C)	29,6±0,07	30,01±0,2	29,5±0,04	28,63±0,06	24,43±0,03	27,41±0,03	28,5±0,05
UR (%)	69,72±0,5	67,54±0,2	76,4±0,27	71,77±0,8	71,48±1,30	45,38±0,34	82,7±0,33
Iluminância (LUX)	306±4,925	199±1,864	246±50	299±7,8	191±4,7	303±1,04	124±5,220
Leq (dB)	54,61±4	56,02±1,3	53,93	59,40±0,95	54,78±4,32	47,33±2,7	57,88±5,3
MP ≤ 5 µm	51.308	27.796	32.984	23.468	39.362	26.355	21.413

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.4 Descrição da percepção ambiental

Para compreender a percepção ambiental subdividiu-se a análise em quatro vertentes: Percepção térmica; Percepção lumínica; Percepção de ruído e Percepção dos aspectos gerais.

Além disso, é importante destacar três situações neste tópico: os resultados estão apresentados na forma de termos percentuais; o termo “alguma satisfação”, indica o somatório dos percentuais das seguintes respostas: levemente satisfatório; satisfatório e muito satisfatório; e o termo “alguma insatisfação”, indica o somatório dos percentuais das seguintes respostas: levemente insatisfatório; insatisfatório e muito insatisfatório.

10.4.1 Percepção térmica

10.4.1.1 Sensação térmica

No primeiro dia (Tabela 18), em que foi proposta a menor temperatura do ar, prevaleceu para toda amostra duas sensações: sensação de neutralidade (47,06%) e de que o ambiente estava levemente frio (33,62%).

Analisando alguns resultados específicos, destaca-se que 50% dos estudantes pertencentes à UNIVASF (Ambiente C) consideraram o ambiente levemente quente. Além deles, cerca de 24% dos estudantes presentes na UNB (Ambiente E) também consideraram o ambiente levemente quente.

Tabela 18 – Percentual das sensações térmicas para o dia 1

Ambiente	Sensação térmica (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
A	2,74	9,59	41,10	41,10	5,48	0	0
B	0	0	0	35,71	50	14,29	0
C	11,54	11,54	50	26,92	0	0	0
D	0	7,41	22,22	62,96	7,41	0	0
E	0	0	17,65	58,82	23,53	0	0
F	0	0	26,67	60	6,67	6,67	0
G	0	0	33,33	66,67	0	0	0
TOTAL	2,67	6,42	32,62	47,06	9,63	1,60	0

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia (Tabela 19), em que foi proposta a temperatura de conforto, prevaleceu para toda amostra a sensação de neutralidade térmica. Entretanto, é importante destacar que cerca de 37% dos estudantes pertencentes à UFAM (Ambiente A) consideraram o ambiente levemente quente.

Tabela 19 – Percentual das sensações térmicas para o dia 2

Ambiente	Sensação térmica (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
A	0	1,37	15,07	58,90	20,55	2,74	1,37
B	0	0	28,57	57,14	14,29	0	0

C	3,85	3,85	19,23	73,08	0	0	0
D	0	0	3,70	44,44	37,04	14,81	0
E	0	0	5,88	70,59	17,65	5,88	0
F	0	6,67	26,67	53,33	13,33	0	0
G	0	0	20	60	13,33	6,67	0
TOTAL	0,53	1,60	15,51	59,36	18,18	4,28	0,53

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia (Tabela 20), em que foi proposta a maior temperatura do ar, prevaleceu para toda amostra a sensação de que o ambiente estava quente (42,25%) ou muito quente (30,48%).

Analisando alguns resultados específicos, destaca-se que cerca de 13% dos estudantes presentes na UNINASSAU (Ambiente D) indicaram a sensação de neutralidade térmica. Além disso, cerca de 58,82% dos estudantes pertencentes à UNB (Ambiente E) indicaram a sensação de neutralidade térmica.

Tabela 20 – Percentual das sensações térmicas para o dia 3

Ambiente	Sensação térmica (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
A	0	0	0	12,33	26,03	42,47	19,18
B	0	0	0	0	7,14	42,86	50
C	0	0	0	0	3,85	57,69	38,46
D	0	0	0	0	11,11	29,63	59,26
E	0	0	17,65	58,82	17,65	5,88	0
F	0	0	0	0	6,67	80	13,33
G	0	0	0	0	6,67	40	53,33
TOTAL	0	0	1,60	10,16	15,51	42,25	30,48

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.4.1.2 Conforto térmico

No primeiro dia, prevaleceu para toda amostra a percepção de que o ambiente estava confortável, cerca de 55,08%. Entretanto, o percentual de indivíduos que consideraram o ambiente levemente desconfortável foi de 37,43%.

Por fim, é importante destacar que a maior parte dos estudantes pertencentes aos ambientes E (58,82%) e G (52,33%) tiveram a percepção de que o ambiente estava levemente desconfortável.

Os resultados descritos anteriormente podem ser visualizados na Tabela 21.

Tabela 21 – Percentual das percepções de conforto térmico para o dia 1

Ambiente	Conforto térmico (%)			
	1	2	3	4
A	53,42	35,62	10,96	0
B	50	42,86	7,14	0
C	61,54	30,77	7,69	0
D	66,67	29,63	3,70	0
E	41,18	58,82	0	0
F	60	26,67	6,67	6,67
G	46,67	53,33	0	0
TOTAL	55,08	37,43	6,95	0,53

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia (Tabela 22), prevaleceu para toda amostra a percepção de que o ambiente estava

confortável, cerca de 57,22%. Entretanto, quando se analisa individualmente cada ambiente, identifica-se que nos ambientes pertencentes à UFAM (Ambiente A), UNB (Ambiente E), USP (Ambiente F) e UFSC (Ambiente G) o percentual de indivíduos confortáveis foi inferior ao percentual de indivíduos que indicaram sentir algum desconforto.

Tabela 22 – Percentual das percepções de conforto térmico para o dia 2

Ambiente	Conforto térmico (%)			
	1	2	3	4
A	54,79	38,36	6,85	0
B	71,43	28,57	0	0
C	96,15	3,85	0	0
D	40,74	59,26	0	0
E	47,06	41,18	11,76	0
F	46,67	40	6,67	6,67
G	40	60	0	0
TOTAL	57,22	37,97	4,28	0,53

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para o terceiro dia (Tabela 23), o percentual total de indivíduos que indicaram conforto foi de 14,97%. Logo, o percentual de indivíduos que indicaram algum desconforto foi de 85,03%, subdividido em: 34,22% levemente desconfortável; 34,76% desconfortável; e 16,04% muito desconfortável. Por fim, é importante destacar que no ambiente pertencente à UNB

(Ambiente E) o percentual de indivíduos que indicaram conforto foi considerável, cerca de 41,18%.

Tabela 23 – Percentual das percepções de conforto térmico para o dia 3

Ambiente	Conforto térmico (%)			
	1	2	3	4
A	20,55	35,62	32,88	10,96
B	7,14	35,71	50	7,14
C	0	7,69	65,38	26,92
D	3,70	29,63	33,33	33,33
E	41,18	58,82	0	0
F	13,33	60	20	6,67
G	13,33	26,67	33,33	26,67
TOTAL	14,97	34,22	34,76	16,04

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.4.1.3 Preferência térmica

As respostas de preferência térmica corroboraram a abrangência perceptiva dentro de um ambiente. Logo, identificou-se para o primeiro dia que cerca de 43% da amostra preferiu o ambiente do jeito que estava, isto é, que não sofresse nenhuma alteração térmica. Além disso, os indivíduos que desejavam o ambiente levemente mais quente representaram 26% da amostra total. Os resultados descritos anteriormente estão expressos na Tabela 24.

Tabela 24 – Percentual de preferência térmica para o dia 1

Ambiente	Preferência térmica (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
A	10,96	5,48	0	39,73	35,62	5,48	2,74
B	42,86	21,43	0	35,71	0	0	0
C	0	0	7,69	34,62	0	15,38	42,31
D	11,11	3,70	0	55,56	29,63	0	0
E	23,53	0	5,88	47,06	23,53	0	0
F	26,67	0	0	40	26,67	6,67	0
G	6,67	0	0	53,33	40	0	0
TOTAL	13,90	4,28	1,60	42,78	25,67	4,81	6,95

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para o segundo dia, cerca de 49% da amostra total indicou preferir o ambiente do jeito que estava. Além disso, cerca de 22,29% da amostra total desejou que o ambiente estivesse muito mais frio. Nesse sentido, é importante destacar que os ambientes A (40,64%), G (33,33%) e D (28,77%) apresentaram os maiores percentuais. Os resultados descritos anteriormente estão expressos na Tabela 25.

Tabela 25 – Percentual de preferência térmica para o dia 2

Ambiente	Preferência térmica (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
A	28,77	6,85	1,37	41,10	16,44	4,11	1,37

B	0	0	14,29	64,29	0	7,14	14,29
C	3,85	0	0	80,77	15,38	0	0
D	40,74	22,22	0	25,93	11,11	0	0
E	17,65	0	11,76	52,94	11,76	5,88	0
F	13,33	0	0	60	20	6,67	0
G	33,33	0	0	40	26,67	0	0
TOTAL	22,29	5,88	2,67	48,66	14,97	3,21	1,60

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para o terceiro dia, os maiores percentuais encontrados foram: 33,16% que desejavam o ambiente mais frio; 30,46% que desejavam o ambiente levemente mais frio; e 19,79% que desejavam o ambiente muito mais frio. Com os resultados descritos anteriormente, cerca de 83,41% da amostra desejava que o ambiente estivesse mais frio. Os valores mencionados anteriormente podem ser visualizados na Tabela 26.

Tabela 26 – Percentual de preferência térmica para o dia 3

Ambiente	Preferência térmica (%)						
	-3	-2	-1	0	1	2	3
A	28,77	27,40	28,77	10,96	2,74	1,37	0
B	14,29	42,86	35,71	7,14	0	0	0
C	7,69	57,69	34,62	0	0	0	0
D	11,11	22,22	55,56	0	3,70	3,70	3,70
E	11,76	5,88	0	64,71	11,76	5,88	0
F	26,67	46,67	13,33	13,33	0	0	0
G	20	46,67	33,33	0	0	0	0
TOTAL	19,79	33,16	30,46	11,76	2,67	1,60	0,53

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.4.2 Percepção lumínica

A compreensão da percepção lumínica foi subdividida em: Quantidade de luz na mesa; Quantidade de luz para trabalho com computador; Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador; e Quantidade de iluminação na sua área de trabalho.

10.4.2.1 Quantidade de luz na mesa

A percepção da quantidade de luz na mesa não apresentou grandes variações nos três dias de análise conforme mostram as Tabela 27, Tabela 28 e Tabela 29. Logo, diagnosticou-se que a maioria dos estudantes compreendeu como sendo satisfatória as condições dessa variável.

No primeiro dia, como apresentado na Tabela 27, cerca de 10,16% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 41,71% indicaram satisfação e 10,70% indicaram muita satisfação. Dessa forma, aproximadamente 62,57% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 27 – Percepção da Quantidade de luz na mesa no dia 1

Ambiente	QA1 - Quantidade de luz na mesa (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	0	4,11	6,85	28,77	9,59	39,73	10,96

B	0	0	14,29	21,43	0	50	14,29
C	0	0	15,38	3,85	0	65,38	15,38
D	0	0	3,70	33,33	14,81	37,04	11,11
E	0	0	17,65	23,53	23,53	23,53	11,76
F	0	0	13,33	13,33	20	46,67	6,67
G	0	0	46,67	20	6,67	26,67	0
TOTAL	0	1,60	12,83	22,49	10,16	41,71	10,70

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 28, cerca de 11,23% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 37,97% indicaram satisfação e 9,09% indicaram muita satisfação. Dessa forma, aproximadamente 58,29% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 28 – Percepção da Quantidade de luz na mesa do no dia 2

Ambiente	QA1 - Quantidade de luz na mesa (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	0	8,22	16,44	30,14	12,33	23,29	9,59
B	0	0	14,29	7,14	7,14	50	21,43
C	0	0	3,85	7,69	11,54	69,23	7,69
D	0	0	7,41	55,56	3,70	25,93	7,41
E	0	5,88	11,76	11,76	23,53	41,18	5,88
F	0	0	6,67	13,33	13,33	60	6,67
G	0	0	26,67	20	6,67	40	6,67
TOTAL	0	1,60	12,83	22,49	10,16	41,71	10,70

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 29, cerca de 11,76% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 30,48% indicaram satisfação e 6,42% indicaram muita satisfação. Dessa forma,

aproximadamente 48,13% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 29 – Percepção da Quantidade de luz na mesa no dia 3

Ambiente	QA1 - Quantidade de luz na mesa (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	4,11	9,59	17,81	30,14	13,70	19,18	5,48
B	7,14	0	42,86	7,14	7,14	28,57	7,14
C	0	0	7,69	23,08	0	61,54	7,69
D	0	0	0	55,56	7,41	25,93	11,11
E	0	5,88	17,65	23,53	17,65	23,53	11,76
F	0	6,67	13,33	6,67	20	53,33	0
G	0	0	20	33,33	20	26,67	0

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.4.2.2 Quantidade de luz para o trabalho com computador

A percepção da quantidade de luz para o trabalho com computador também não apresentou grandes variações nos três dias de análise conforme mostram as Tabela 30, Tabela 31 e Tabela 32.

No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 30, cerca de 11,76% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 41,71% indicaram satisfação e 10,16% indicaram muita satisfação. Dessa forma, aproximadamente 63,63% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 30 – Percepção da Quantidade de luz para o trabalho com computador no dia 1

Ambiente	QA8 - Quantidade de luz para o trabalho com computador (%)
----------	--

	1	2	3	4	5	6	7
A	1,37	8,22	12,33	16,44	13,70	36,99	10,96
B	0	0	14,29	7,14	14,29	57,14	7,10
C	0	0	11,54	15,38	3,85	61,54	7,69
D	0	3,70	3,70	37,04	7,41	37,04	11,11
E	0	0	11,76	47,06	11,76	17,65	11,76
F	0	6,67	13,33	0	6,67	60	13,33
G	0	6,67	13,33	13,33	26,67	33,33	6,67
TOTAL	0,53	4,81	11,23	19,79	11,76	41,71	10,16

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 31, cerca de 12,20% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 38,17% indicaram satisfação e 9,14% indicaram muita satisfação. Dessa forma, aproximadamente 59,51% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 31 - Percepção da Quantidade de luz para o trabalho com computador no dia 2

Ambiente	QA8 - Quantidade de luz para o trabalho com computador (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	1,39	4,17	20,83	27,78	8,33	27,78	9,72
B	0	0	21,43	14,29	7,14	50	7,14
C	0	0	7,69	15,38	7,69	61,54	7,69
D	0	7,41	14,81	29,63	7,41	33,33	7,41
E	0	0	5,88	17,65	29,41	41,18	5,88
F	0	6,67	6,67	0	13,33	53,33	20
G	6,67	6,67	13,33	0	40	26,67	6,67
TOTAL	1,08	3,76	15,05	19,89	12,90	38,17	9,14

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 32, cerca de 12,30% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 32,09% indicaram satisfação e

5,88% indicaram muita satisfação. Dessa forma, aproximadamente 50,27% da amostra indicou alguma satisfação.

Tabela 32 - Percepção da Quantidade de luz para o trabalho com computador no dia 3

Ambiente	QA8 - Quantidade de luz para o trabalho com computador (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	6,85	15,07	19,18	17,81	15,07	20,55	5,48
B	0	14,29	21,43	7,14	21,43	28,57	7,14
C	0	0	15,38	19,23	3,85	53,85	7,69
D	3,70	0	25,93	33,33	7,41	22,22	7,41
E	0	5,88	17,65	23,53	17,65	29,41	5,88
F	0	6,67	13,33	6,67	13,33	53,33	6,67
G	0	6,67	6,67	26,67	6,67	53,33	0
TOTAL	3,21	8,56	18,18	19,79	12,30	32,09	5,88

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.4.2.3 Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador

As percepções da quantidade de luz refletida estão expressas nas Tabela 33, Tabela 34 e Tabela 35. No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 33, cerca de 12,30% consideraram as condições levemente satisfatórias; 32,62% indicaram satisfação e 10,70%

indicaram muita satisfação. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 55,62% apresentou alguma satisfação.

Tabela 33 - Percepção da Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador no dia 1

Ambiente	QA9 - Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	4,11	15,07	17,81	17,81	9,59	26,03	9,59
B	0	0	0	35,71	14,29	42,86	7,14
C	0	3,85	19,23	7,69	11,54	46,15	11,54
D	7,41	11,11	0	25,93	14,81	29,63	11,11
E	11,76	5,88	17,65	11,76	11,76	53,53	17,65
F	0	6,67	6,67	6,67	13,33	46,67	20
G	0	0	13,33	33,33	20	33,33	0
TOTAL	3,74	9,09	12,83	18,72	12,30	32,62	10,70

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 34, cerca de 10,75% consideraram as condições levemente satisfatórias; 27,69% indicaram satisfação e 11,29% indicaram muita satisfação. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 49,73% apresentou alguma satisfação.

Tabela 34 - Percepção da Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador no dia 2

Ambiente	QA9 - Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	1,39	16,67	30,56	19,44	8,33	16,67	6,94
B	0	0	21,43	14,29	14,29	42,86	7,14
C	0	3,85	15,38	15,38	11,54	46,15	7,69
D	3,70	7,41	14,81	25,93	18,52	18,52	11,11
E	5,88	0	23,53	11,76	5,88	52,94	0
F	0	6,67	0	13,33	0	26,67	53,33
G	6,67	0	13,33	20	20	26,67	13,33
TOTAL	2,15	8,60	20,97	18,28	10,75	27,69	11,29

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 35, cerca de 8,56% consideraram as condições levemente satisfatórias; 28,88% indicaram satisfação e 6,42% indicaram muita satisfação. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 43,86% apresentou alguma satisfação.

Tabela 35 - Percepção da Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador no dia 3

Ambiente	QA9 - Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	12,33	21,92	16,44	20,55	5,48	19,18	4,11
B	0	7,14	21,43	28,57	7,14	28,57	7,14
C	0	3,85	19,23	19,23	0	50	7,69
D	0	0	11,11	40,74	11,11	29,63	7,41
E	5,88	0	11,76	47,06	17,65	11,76	5,88
F	0	6,67	6,67	6,67	13,33	46,67	20
G	0	0	6,67	33,33	20	40	0
TOTAL	5,35	10,16	14,44	26,20	8,56	28,88	6,42

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.2.4 Quantidade de iluminação na sua área de trabalho

A última análise desenvolvida dentro da percepção lumínica trata-se da percepção quanto a quantidade de iluminação na área de trabalho. Durante os três dias de experimento não existiram grandes variações perceptivas conforme mostram as Tabela 36, Tabela 37 e Tabela 38.

No primeiro dia (Tabela 36), cerca de 16,04% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 42,25% indicaram satisfação e 13,37% indicaram muita satisfação. O somatório dos percentuais apresentados anteriormente indica que cerca de 71,66% apresentou alguma satisfação.

Tabela 36 – Percepção da Quantidade de iluminação na sua área de trabalho no dia 1

Ambiente	QA14 - Quantidade de iluminação na sua área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	0	2,74	5,48	20,55	9,59	42,47	19,18
B	0	0	14,29	14,29	14,29	50	7,14
C	0	0	7,69	0	11,54	65,38	15,38
D	0	3,70	3,70	18,52	22,22	40,74	11,11
E	0	0	17,65	23,53	29,41	17,65	11,76
F	0	6,67	6,67	6,67	26,67	46,67	6,67
G	0	0	33,33	26,67	20	20	0
TOTAL	0	2,14	9,63	16,58	16,04	42,25	13,37

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia (Tabela 37), cerca de 13,90% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 41,71% indicaram satisfação e 8,56% indicaram muita satisfação. O somatório dos percentuais apresentados anteriormente indica que cerca de 64,17% apresentou alguma satisfação.

Tabela 37 – Percepção da Quantidade de iluminação na sua área de trabalho no dia 2

Ambiente	QA14 - Quantidade de iluminação na sua área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	1,37	6,85	16,44	17,81	16,44	32,88	8,22
B	0	0	21,43	7,14	0	57,14	14,29
C	0	0	7,69	11,54	7,69	61,54	11,54
D	0	0	14,81	37,04	3,70	37,04	7,41
E	0	5,88	11,76	11,76	23,53	41,18	5,88
F	0	0	0	6,67	26,67	60	6,67
G	6,67	0	20	20	20	26,67	6,67
TOTAL	1,07	3,21	13,90	17,65	13,90	41,71	8,56

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia (Tabela 38), cerca de 13,90% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 32,62% indicaram satisfação e 6,42% indicaram muita satisfação. O somatório dos percentuais apresentados anteriormente indica que cerca de 52,94% apresentou alguma satisfação.

Tabela 38 – Percepção da Quantidade de iluminação na sua área de trabalho no dia 3

Ambiente	QA14 - Quantidade de iluminação na sua área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	4,11	9,59	17,81	28,77	10,96	23,29	5,48
B	0	0	35,71	14,29	14,29	28,57	7,14
C	0	0	15,38	15,38	3,85	53,85	11,54
D	3,70	7,41	14,81	18,52	11,11	37,04	7,41
E	0	5,88	17,65	23,53	29,41	17,65	5,88
F	0	0	20	6,67	20	53,33	0
G	0	0	26,67	6,67	26,67	33,33	6,67
TOTAL	2,14	5,35	19,25	20,32	13,90	32,62	6,42

Fonte: Elaboração própria (2019)

As análises anteriores permitiram visualizar que a maioria dos estudantes indicou, nos três dias, satisfação com relação as questões lumínicas. Entretanto, o percentual de indivíduos que indicaram alguma satisfação apresentou o maior índice no primeiro dia, decresceu no segundo dia e caiu ainda mais no terceiro dia.

A conclusão destacada anteriormente pode ser comprovada pela análise dos percentuais. Para a quantidade de luz na mesa, o percentual total de satisfação no primeiro dia foi de 62,57%, decresceu para 58,29% no segundo dia, e para 48,66% no terceiro dia.

No que tange a quantidade de luz para trabalho com computador, o percentual de indivíduos que indicaram alguma satisfação no primeiro dia foi de 63,63%, decresceu para 60,21% no segundo dia, e para 50,27% no terceiro dia.

Com relação a quantidade de iluminação na área de trabalho, o percentual de indivíduos que indicaram alguma satisfação foi de 55,62%; decresceu para 49,73% no segundo dia, e caiu para 43,86% no terceiro dia.

Por fim, para a quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador, o percentual de indivíduos que indicaram alguma satisfação no primeiro dia foi de 71,66%; caiu para 64,17% no segundo dia; e decresceu para 52,94% no terceiro dia.

10.4.3 Percepção de ruído

A compreensão da percepção ruído foi subdividida em: Percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas e Percepção do nível de ruído de fundo.

10.4.3.1 Nível de ruído proveniente de outras pessoas

No que tange a percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas, observou-se no primeiro dia, conforme indicado na Tabela 39, uma variação perceptiva. Entretanto, identificou-se que cerca de 12,83% considerou o ambiente levemente satisfatório; 30,48% considerou as condições satisfatórias e 10,16% considerou muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 53,47% apresentou alguma satisfação.

Tabela 39 – Percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas no dia 1

Ambiente	QA5 - Nível de ruído proveniente de outras pessoas						
	1	2	3	4	5	6	7
A	1,37	4,11	17,81	23,29	13,70	24,66	15,07
B	0	0	7,14	21,43	0	64,29	7,14
C	0	0	23,08	19,23	11,54	30,77	15,38
D	0	3,70	22,22	29,63	18,52	22,22	3,70
E	0	11,76	23,53	23,53	23,53	17,65	0
F	0	0	13,33	20	6,67	46,67	13,33
G	0	0	26,67	26,67	6,67	40	0
TOTAL	0,53	3,21	19,25	23,53	12,83	30,48	10,16

Fonte: Elaboração própria (2019)

O segundo dia, conforme mostra a Tabela 40, apresentou uma variação perceptiva similar ao primeiro dia. Entretanto, observou-se que cerca de

13,90% considerou o ambiente levemente satisfatório; 31,02% considerou as condições satisfatórias e 10,70% considerou muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 55,62% apresentou alguma satisfação.

Tabela 40 – Percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas no dia 2

Ambiente	QA5 - Nível de ruído proveniente de outras pessoas						
	1	2	3	4	5	6	7
A	5,48	8,22	17,81	16,44	13,70	26,03	12,33
B	0	0	28,57	7,14	7,14	42,86	14,29
C	0	0	3,85	23,08	19,23	46,15	7,69
D	3,70	7,41	22,22	18,52	18,52	22,22	7,41
E	5,88	0	17,65	35,29	17,65	23,53	0
F	0	6,67	0	13,33	0	46,67	33,33
G	0	13,33	20	26,67	13,33	26,67	0
TOTAL	3,21	5,88	16,04	19,25	13,90	31,02	10,70

Fonte: Elaboração própria (2019)

As percepções obtidas no terceiro dia estão expressas na Tabela 41, em que se observa que a maior parte dos indivíduos indicaram a percepção de neutralidade (30,48%). Além disso, 19,25%

consideraram o ambiente como sendo levemente insatisfatório.

Por outro lado, cerca de 11,76% considerou o ambiente levemente satisfatório; 22,16% considerou as condições satisfatórias e 4,28% considerou muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 38,2% apresentou alguma satisfação.

Tabela 41 – Percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas no dia 3

Ambiente	QA5 - Nível de ruído proveniente de outras pessoas						
	1	2	3	4	5	6	7
A	4,11	4,11	17,81	36,99	9,59	23,29	4,11
B	0	7,14	21,43	14,29	7,14	42,86	7,14
C	0	19,23	30,77	19,23	19,23	7,69	3,85
D	3,70	7,41	18,52	33,33	14,81	14,81	7,41
E	5,88	17,65	5,88	41,18	17,65	11,76	0
F	6,67	0	13,33	20	6,67	46,67	6,67
G	0	13,33	26,67	26,67	6,67	26,67	0
TOTAL	3,21	8,56	19,25	30,48	11,76	22,16	4,28

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.4.3.2 Nível de ruído de fundo

Com relação a percepção do nível de ruído de fundo, identificou-se no primeiro dia que a maior parte

dos estudantes da amostra, cerca de 30,48%, indicaram que as condições estavam satisfatórias. Além disso, 13,90% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório e 10,16% indicaram muita satisfação (Tabela 42). O somatório dos percentuais apresentados anteriormente indica que cerca de 54,54% apresentou alguma satisfação.

Tabela 42 – Percepção do nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho no dia 1

Ambiente	QA7 – Nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	2,74	5,48	10,96	23,29	12,33	34,25	10,96
B	0	0	7,14	21,43	28,57	35,71	7,14
C	0	0	7,69	26,92	11,54	30,77	23,08
D	0	3,70	11,11	37,04	11,11	29,63	7,41
E	5,88	23,53	11,76	35,29	0	23,53	0
F	6,67	0	26,67	13,33	26,67	20	6,67
G	0	0	33,33	13,33	20	26,67	6,6
TOTAL	2,14	4,81	13,37	25,13	13,90	30,48	10,16

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia (Tabela 43), identificou-se que cerca de 12,30% considerou o ambiente levemente satisfatório; 28,88% considerou as condições

satisfatórias e 10,16% considerou muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 51,34% apresentou alguma satisfação.

Tabela 43 – Percepção do nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho no dia 2

Ambiente	QA7 – Nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	4,11	5,48	16,44	27,40	12,33	21,92	12,33
B	0	0	14,29	28,57	7,14	35,71	14,29
C	0	0	7,69	15,38	7,69	61,54	7,69
D	0	3,70	25,93	18,52	14,81	25,93	11,11
E	5,88	5,88	11,76	35,29	11,76	29,41	0
F	0	13,33	6,67	26,67	26,67	20	6,67
G	0	6,67	26,67	33,33	6,67	13,33	13,33
TOTAL	2,14	4,81	16,04	25,67	12,30	28,88	10,16

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia (Tabela 44), identificou-se que cerca de 12,30% considerou o ambiente levemente satisfatório; 25,67% considerou as condições satisfatórias e 4,81% considerou muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que aproximadamente 42,78% apresentou alguma satisfação.

Tabela 44 – Percepção do nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho

Ambiente	QA7 – Nível de ruído de fundo que você ouve da sua área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	2,74	9,59	13,70	26,03	17,81	24,66	5,48

B	0	0	35,71	14,29	14,29	28,57	7,14
C	0	15,38	26,92	11,54	11,54	30,77	3,85
D	3,70	7,41	25,93	23,33	0	22,22	7,41
E	11,76	17,65	35,29	11,76	5,88	17,65	0
F	13,33	0	0	26,67	6,67	46,67	6,67
G	13,33	26,67	13,33	13,33	20	13,33	0
TOTAL	4,81	10,70	19,79	21,93	12,30	25,67	4,81

Fonte: Elaboração própria (2019)

A análise da percepção de ruído permite extrair algumas observações. Com relação a percepção do nível de ruído proveniente de outras pessoas, identificou-se que o percentual de indivíduos que indicaram alguma insatisfação cresceu a cada dia de experimento. Isto é, no primeiro dia que foi proposta a menor temperatura, o percentual total de insatisfeitos foi de 23%. No segundo dia, em que foi proposta uma temperatura de conforto, o percentual cresceu para 25,13%; e no terceiro dia, em que foi proposta a maior temperatura, o total de indivíduos que indicaram satisfação subiu para 31,02%.

Com relação a percepção do nível de ruído de fundo, identificou-se que os indivíduos que indicaram alguma satisfação decresceram a cada dia de experimento. Isto é, no primeiro dia que foi proposta a menor temperatura, o percentual total de satisfeitos foi

de 54,54%. No segundo dia, em que foi proposta uma temperatura de conforto, o percentual decresceu para 51,34%; e no terceiro dia, em que foi proposta a maior temperatura, o total de indivíduos que indicaram satisfação caiu para 42,78%.

10.4.4 Percepção dos aspectos gerais

A compreensão da percepção dos aspectos gerais foi subdividida em: Qualidade do ar; Temperatura do ar; Movimento do ar e Satisfação geral com relação as condições ambientais.

10.4.4.1 Qualidade do ar

No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 45, a maioria da amostra (54,01%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 11,23% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 10,16% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 75,40% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 45 – Percepção da Qualidade do ar na área de trabalho no dia 1

Ambiente	QA2 - Qualidade do ar na área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7

A	1,37	5,48	5,48	13,70	12,33	49,32	12,33
B	0	0	7,14	21,43	0	64,29	7,14
C	0	0	0	7,69	15,38	57,69	19,23
D	0	3,70	7,41	11,11	7,41	62,96	7,41
E	0	5,88	0	29,41	5,88	52,94	5,88
F	0	0	0	20	20	53,33	6,67
G	0	0	6,67	33,33	0	46,67	13,33
TOTAL	0,53	3,21	4,28	16,58	10,16	54,01	11,23

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 46, a maioria da amostra (40,11%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 11,76% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 15,51% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 67,38% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 46 – Percepção da Qualidade do ar na área de trabalho no dia 2

Ambiente	QA2 - Qualidade do ar na área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	1,37	2,74	9,59	23,29	20,55	27,40	15,07
B	0	0	7,14	7,14	0	71,43	14,29
C	0	0	0	11,54	19,23	57,69	11,54
D	3,70	0	22,22	29,63	14,81	25,93	3,70
E	5,88	11,76	0	0	11,76	64,71	5,88
F	0	0	0	26,67	20	53,33	0
G	0	0	6,67	40	0	26,67	26,67
TOTAL	1,60	2,14	8,02	20,86	15,51	40,11	11,76

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 47, a maioria da amostra (26,74%) indicou a percepção de

que o ambiente estava levemente insatisfatório. Além disso, 11,76% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório; 14,44% indicaram que as condições estavam satisfatórias; e 2,67% indicaram que estava muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que apenas 28,87% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 47 – Percepção da Qualidade do ar na área de trabalho no dia 3

Ambiente	QA2 - Qualidade do ar na área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	6,85	24,66	24,66	21,92	10,96	9,59	1,37
B	0	0	35,71	28,57	7,14	21,43	7,14
C	0	26,92	26,92	19,23	11,54	11,54	3,85
D	22,22	22,22	33,33	7,41	0	11,11	3,70
E	0	5,88	5,88	17,65	35,29	29,41	5,88
F	6,67	6,67	33,33	13,33	20	20	0
G	13,33	6,67	33,33	20	6,67	20	0

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.4.4.2 Temperatura do ar

No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 48, a maioria da amostra (36,36%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 8,56% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 19,79%

indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 64,71% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 48 – Percepção da Temperatura do ar na área de trabalho no dia 1

Ambiente	QA3 - Temperatura do ar na área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	2,74	10,96	10,96	12,33	15,07	41,10	6,85
B	0	7,14	28,57	0	28,57	28,57	7,14
C	0	11,54	15,38	3,85	26,92	30,77	11,54
D	0	3,70	11,11	11,11	18,52	44,44	11,11
E	0	0	17,65	23,53	23,53	29,41	5,88
F	0	6,67	6,67	13,33	26,67	40	6,67
G	0	0	26,67	26,67	13,33	20	13,33

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 49, a maioria da amostra (32,62%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 13,37% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 13,37% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 59,36% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 49 – Percepção da Temperatura do ar na área de trabalho no dia 2

Ambiente	QA3 - Temperatura do ar na área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	2,74	9,59	16,44	19,18	17,81	23,29	10,96
B	0	0	7,14	7,14	0	57,14	28,57

C	0	0	3,85	11,54	7,69	53,85	23,08
D	0	3,70	33,33	18,52	25,93	14,81	3,70
E	0	5,88	17,65	17,65	0	47,06	11,76
F	0	0	13,33	20	6,67	53,33	6,67
G	0	6,67	33,33	13,33	13,33	13,33	20
TOTAL	1,07	5,35	17,65	16,58	13,37	32,62	13,37

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 50, a maioria da amostra (34,76%) indicou que as condições estavam levemente insatisfatórias. Além disso, 26,74% indicaram que as condições estavam muito insatisfatórias. Por fim, 5,35% indicaram satisfação; 9,09% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório e 2,14% consideraram o ambiente muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 16,58% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 50 – Percepção da Temperatura do ar na área de trabalho no dia 3

Ambiente	QA3 - Temperatura do ar na área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	27,40	30,14	16,44	9,59	9,59	4,11	2,74
B	7,14	28,57	42,86	0	21,43	0	0
C	26,92	57,69	3,85	7,69	3,85	0	0
D	55,56	33,33	3,70	3,70	0	3,70	0
E	0	0	11,76	29,41	23,53	23,53	11,76
F	6,67	53,33	13,33	0	13,33	13,33	0
G	40	46,67	6,67	6,67	0	0	0
TOTAL	26,74	34,76	13,37	8,56	9,09	5,35	2,14

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.4.4.3 Movimento do ar

No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 51, a maioria da amostra (32,62%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 10,70% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 16,58% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 59,9% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 51 – Percepção do movimento do ar na área de trabalho no dia 1

Ambiente	QA10 – Movimento do ar na sua área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	1,37	2,74	6,85	24,66	15,07	38,36	10,96
B	0	14,29	21,43	35,71	14,29	7,14	7,14
C	3,85	0	0	26,92	11,54	38,45	19,23
D	0	7,41	3,70	29,63	14,81	37,04	7,41
E	0	5,88	0	41,18	23,53	29,41	0
F	0	0	0	26,67	33,33	26,67	13,33
G	0	0	13,33	40	13,33	20	13,33
TOTAL	1,07	3,74	5,88	29,41	16,58	32,62	10,70

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 52, a maioria da amostra (34,95%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 10,75% indicaram que as

condições estavam muito satisfatórias; e 15,59% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 61,29% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 52 – Percepção do movimento do ar na área de trabalho no dia 2

Ambiente	QA10 - Movimento do ar na sua área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	1,39	4,17	11,11	26,39	25	23,61	8,33
B	0	7,14	7,14	14,29	7,14	35,71	28,57
C	0	0	11,54	11,54	11,54	57,69	7,69
D	0	3,70	18,52	29,63	14,81	29,63	3,70
E	11,76	0	23,53	11,76	0	52,94	0
F	0	0	6,67	6,67	20	40	26,67
G	0	6,67	20	20	0	33,33	20
TOTAL	1,61	3,23	13,44	20,43	15,59	34,95	10,75

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 53, a maioria da amostra (25,67%) indicou a percepção de que o ambiente estava insatisfatório. Além disso, 19,25% indicaram que as condições estavam muito insatisfatórias. No sentido contrário, 10,16% indicaram satisfação; 7,49% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório e 2,67% indicaram que o ambiente estava muito satisfatório. Somando os

percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que apenas 20,32% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 53 – Percepção do movimento do ar na área de trabalho no dia 3

Ambiente	QA10 – Movimento do ar na sua área de trabalho (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	23,29	26,03	13,70	15,07	5,48	12,33	4,11
B	0	21,43	42,86	7,14	28,57	0	0
C	19,23	34,62	19,23	11,54	0	15,38	0
D	25,93	29,63	29,63	3,70	3,70	3,70	3,70
E	5,88	0	17,65	35,29	23,53	11,76	5,88
F	13,33	26,67	20	26,67	0	13,33	0
G	26,67	33,33	13,33	13,33	6,67	6,67	0
TOTAL	19,25	25,67	19,79	14,97	7,49	10,16	2,67

Fonte: Elaboração própria (2019)

10.4.4.4 Satisfação geral

No primeiro dia, conforme mostra a Tabela 54, 36,36% indicou a percepção das condições ambiental de satisfação. Além disso, 4,28% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 27,81% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 68,45% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 54 – Percepção com relação as condições ambientais de forma geral no dia 1

Ambiente	QA17 – Qual satisfação com as condições ambientais de forma geral? (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	0	6,85	9,59	17,81	26,03	32,88	6,85
B	0	0	21,43	0	28,57	42,86	7,14

C	0	0	7,69	11,54	26,92	50	3,85
D	0	7,41	14,81	11,11	18,52	44,44	3,70
E	0	11,76	17,65	11,76	47,06	11,76	0
F	0	6,67	6,67	13,33	26,67	46,67	0
G	0	0	20	20	33,33	26,67	0
TOTAL	0	5,35	12,30	13,90	27,81	36,36	4,28

Fonte: Elaboração própria (2019)

No segundo dia, conforme mostra a Tabela 55, a maioria da amostra (36,90%) indicou a percepção de satisfação. Além disso, 3,74% indicaram que as condições estavam muito satisfatórias; e 20,32% indicaram que estava levemente satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que cerca de 60,96% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 55 – Percepção com relação as condições ambientais de forma geral no dia 2

Ambiente	QA17 - Qual satisfação com as condições ambientais de forma geral? (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	2,74	5,48	20,55	17,81	19,18	30,14	4,11
B	0	0	0	14,29	28,57	50	7,14
C	0	0	3,85	11,54	11,54	65,38	7,69
D	0	0	25,93	29,63	22,22	18,52	3,70
E	0	5,88	23,53	23,53	11,76	35,29	0
F	0	0	6,67	6,67	40	46,67	0
G	0	13,33	6,67	26,67	20	33,33	0
TOTAL	1,07	3,74	15,51	18,42	20,32	36,90	3,74

Fonte: Elaboração própria (2019)

No terceiro dia, conforme mostra a Tabela 56, a maioria da amostra (27,27%) indicou a percepção de que o ambiente estava muito insatisfatório. Além disso, 13,37% indicaram que as condições estavam muito insatisfatórias. No sentido contrário, 10,16% indicaram satisfação; 12,83% indicaram que o ambiente estava levemente satisfatório e 0,53% indicaram que o ambiente estava muito satisfatório. Somando os percentuais apresentados anteriormente, conclui-se que apenas 23,52% indicaram algum tipo de satisfação.

Tabela 56 - Percepção com relação as condições ambientais de forma geral no dia 3

Ambiente	QA17 - Qual satisfação com as condições ambientais de forma geral? (%)						
	1	2	3	4	5	6	7
A	10,96	19,18	17,81	21,92	13,70	15,07	1,37
B	0	28,57	14,29	28,57	21,43	7,14	0
C	23,08	61,54	3,85	7,69	0	3,85	0
D	29,63	44,44	11,11	0	11,11	3,70	0
E	0	0	35,29	29,41	17,65	17,65	0
F	13,33	6,67	33,33	13,33	20	13,33	0
G	6,67	26,67	46,67	6,67	13,33	0	0
TOTAL	13,37	27,27	19,79	16,04	12,83	10,16	0,53

Fonte: Elaboração própria (2019)

Os resultados apresentados anteriormente indicaram que o percentual de indivíduos que indicaram alguma satisfação (somatório de levemente insatisfatório, satisfatório e muito satisfatório) decresceu durante os dias do experimento. Tal cenário fez com que esse percentual fosse consideravelmente menor no terceiro dia, em que foi proposta a maior temperatura do ar.

A única questão que não seguiu essa tendência foi a percepção quanto ao movimento do ar, que no primeiro dia o percentual total de satisfação indicou 59,0%; no segundo dia ocorreu um leve aumento, ficando na casa de 61,29%. Entretanto, no terceiro dia ocorreu um decréscimo considerável nesse percentual, cerca de 20,32%.

10.4.5 Análise dos resultados perceptivos

A análise da percepção dos estudantes indicou a seguinte tendência: o terceiro dia, em que foi proposta a temperatura mais elevada, apresentou o maior percentual de indivíduos insatisfeitos. Tal situação se fez presente na análise da percepção térmica,

percepção lumínica; percepção de ruído e percepção dos aspectos gerais.

Esse resultado merece ser destacado, pois a única variável manipulada no experimento foi a temperatura do ar. Logo, como as demais variáveis ambientais não foram manipuladas e se mantiveram relativamente constantes nos três dias, esperava-se que a percepção quanto a elas não sofresse tantas variações.

Analisando a literatura, é comum identificar que a percepção térmica é capaz de impactar na percepção das demais variáveis. Frontczak e Wargocki (2011) explanaram que o conforto ambiental é resultante de uma série de variáveis, mas os aspectos térmicos apresentaram maior peso e são capazes de influenciar na percepção geral independentemente das condições das outras variáveis.

Seguindo essa linha, Kim e Dear (2012) constataram que os ocupantes indicaram satisfação geral com o ambiente quando ele possuía boas condições de temperatura e ruído, mesmo quando

outras variáveis, como iluminação e qualidade do ar, não apresentavam condições ideais.

No que tange aspectos lumínicos, Haldi e Robinson (2010) mostraram que a maioria dos indivíduos, cerca de 80%, quando submetidos a temperaturas propícias ao conforto térmico, indicaram sensação de conforto visual mesmo com drásticas variações nos níveis de iluminação.

A constatação anterior também foi encontrada por Huang *et al.* (2012), ao explanarem que níveis elevados de iluminação e ruído foram mais bem aceitos e a satisfação geral com as condições ambientais foram maiores quando as temperaturas propiciavam o conforto térmico.

A influência dos aspectos térmicos na percepção de ruído também é muito destacada na literatura. Pellerin e Candas (2003) e Nagano e Horikoshi (2005) identificaram que as condições térmicas do ambiente influenciaram na percepção térmica, e tenderam a tornar os ocupantes mais críticos com relação a outras variáveis, por exemplo, o ruído.

Corroborando o cenário identificado, Yang e Moon (2019) constataram que o conforto acústico foi fortemente afetado pelas condições acústicas e térmicas. Além disso, o conforto visual sofreu influência das condições acústicas, e principalmente, das condições térmicas.

Para sintetizar a discussão apresentada, considera-se que os resultados encontrados no presente tópico vão de encontro ao que está presente na literatura. Dessa forma, diagnosticou-se que as condições térmicas tendem a influenciar percepção das demais variáveis e impactar na percepção global do ambiental.

CAPÍTULO 11 - VARIÁVEIS AMBIENTAIS, PERCEPÇÃO AMBIENTAL E DESEMPENHO DOS ESTUDANTES

Este capítulo apresenta a influência das variáveis ambientais no desempenho; as dimensões perceptivas, as relações entre elas e a influência que elas exercem no desempenho.

11.1 Influência das variáveis ambientais no desempenho

Para compreender a influência das variáveis ambientais no desempenho, subdividiu-se a análise em duas vertentes: Influência das variáveis ambientais no número total de acertos e Influência das variáveis ambientais no tempo de resposta.

11.1.1 Influência das variáveis ambientais no número total de acertos

A partir de Modelos Lineares Generalizados, em que se utilizou um modelo de regressão logística binomial e a função de ligação Logit, desenvolveu-se a análise da influência das variáveis ambientais no

número total de acertos. Com o objetivo de mostrar os parâmetros básicos do modelo obtido, apresenta-se a Figura 12.

Figura 12 – Parâmetros básicos do modelo 1

```

Deviance Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-1.6754 -1.0641 -0.7783  1.2046  1.7885

Coefficients:
              Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) -3.106338   0.588606  -5.277 1.31e-07 ***
UR           0.035228   0.008663   4.067 4.77e-05 ***
Illumina     0.002801   0.001101   2.543 0.01099 *
taf          0.554866   0.177312   3.129 0.00175 **
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for binomial family taken to be 1)

    Null deviance: 767.11  on 560  degrees of freedom
Residual deviance: 737.17  on 557  degrees of freedom
AIC: 745.17

Number of Fisher Scoring iterations: 4

```

Fonte: Elaboração própria (2019)

A partir da análise da figura anterior é possível extrair alguns parâmetros que são importantes nas análises posteriores:

$$\beta_0 = -3.10638$$

$$\beta_1 = 0.035228$$

$$\beta_2 = 0.002801$$

$$\beta_3 = 0.554866$$

x1= UR = Umidade relativa

x2 = Ilumina = Iluminância

x3 = taf = 22.4° ≤ Temperatura do ar ≤ 24.7°

Para que se chegasse na equação final do modelo iniciou-se o processo a partir da equação 4. Posteriormente, substituiu-se os parâmetros listados anteriormente e obteve-se primeiramente a equação 5, e por último a equação 6.

A equação 6 expressa as variáveis ambientais que apresentaram influência no número de acertos. Logo, identificou-se que foram três variáveis que apresentaram influência: Umidade Relativa, Iluminância e a Temperatura do ar no intervalo que variou entre 22.4° ≤ Temperatura do ar ≤ 24.7°.

$$p(y = 1) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3)}} \quad (4)$$

$$p(\text{acertos} \geq 70\%) = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 UR + \beta_2 \text{Ilumina} + \beta_3 \text{taf})}} \quad (5)$$

$$p(\text{acertos} \geq 70\%) = \frac{1}{1 + e^{-(-3.11 + 0,036 \cdot \text{UR} + 0,003 \cdot \text{Illum} + 0,55 \cdot \text{taf})}} \quad (6)$$

A segunda forma de representar essa influência é a partir da equação da razão da chance, que é a forma mais utilizada para interpretar o modelo de regressão logística desenvolvido.

A razão da chance pode ser demonstrada a partir da equação 7, que pode ser reescrita conforme mostra a equação 8. A partir da substituição dos parâmetros listados anteriormente, obteve-se a equação 9. Por fim, os valores obtidos de razão da chance para cada variável estão expressos na equação 10.

$$\text{Razão da chance} = e^{(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3)} \quad (7)$$

$$\text{Razão da chance} = (e^{\beta_0}) \cdot (e^{\beta_1})^{x_1} \cdot (e^{\beta_2})^{x_2} \cdot (e^{\beta_3})^{x_3} \quad (8)$$

$$\text{Razão da chance} = (e^{-3.11}) \cdot (e^{0,0036})^{\text{UR}} \cdot (e^{0,003})^{\text{ILUMINA}} \cdot (e^{0,55})^{\text{taf}} \quad (9)$$

$$\text{Razão da chance} = (e^{-3.11}) \cdot (1.036^{\text{UR}}) \cdot (1.003^{\text{ILUMINA}}) \cdot (1.742^{\text{taf}})$$

(10)

As considerações que podem ser extraídas a partir da análise da razão da chance são as seguintes: (i) O aumento de 1% da umidade relativa do ar implica na chance do desempenho aumentar em 3,6%; (ii) se o indivíduo estiver dentro do intervalo $22.4^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24.7^{\circ}$, a chance do desempenho aumentar tende a ser cerca de 74,20% em comparação com que está fora dessa faixa; por fim, (iii) o aumento da iluminação em um lux implica na chance do desempenho aumentar em 0,3%.

As considerações listadas anteriormente e o nível de significância das relações estão expressas no Quadro 27.

Quadro 27 – Resultados identificados e nível de significância no modelo 1

Descrição	Significância	Razão da chance
Umidade relativa	***	O aumento de 1% da Umidade Relativa implica na chance de o desempenho aumentar

		em 3,6%.
Temperatura do ar (22.4 & 24.7)	**	Se o indivíduo estiver dentro da faixa da temperatura do ar, a chance de o desempenho aumentar (Em comparação com quem está fora da faixa) tende a ser de cerca de 74,20%.
Iluminância	*	O aumento da iluminação em um lux implica na chance de o desempenho aumentar em 0,3%
<p style="text-align: center;"> ^{****} 0.001 ^{***} 0.01 ^{**} 0.05 </p>		

Fonte: Elaboração própria (2019)

11.1.2 Influência das variáveis ambientais no tempo de resposta

A partir de Modelos Lineares Generalizados, em que se utilizou um modelo de regressão logística ordinal e a função de ligação Logit, desenvolveu-se a análise da influência das variáveis ambientais no tempo de resposta. Com o objetivo de mostrar os parâmetros básicos do modelo obtido, apresenta-se a Figura 18.

Figura 13 – Parâmetros básicos do modelo 2

		Model Likelihood		Discrimination		Rank Discrim.	
		Ratio Test		Indexes		Indexes	
Obs	561	LR chi2	61.10	R2	0.120	C	0.665
max deriv	2e-07	d.f.	6	g	0.770	Dxy	0.331
		Pr(> chi2)	<0.0001	gr	2.160	gamma	0.334
				gp	0.160	tau-a	0.187
				Brier	0.213		
		Coef	S.E.	Wald Z	Pr(> Z)		
y>=(427,748]		2.2962	0.4967	4.62	<0.0001		
y>=(748,1.07e+03]		-1.0031	0.4805	-2.09	0.0368		
y>=(1.07e+03,1.39e+03]		-4.3096	0.5563	-7.75	<0.0001		
Idade		0.0618	0.0204	3.03	0.0024		
fxta4=2		-0.7119	0.2310	-3.08	0.0021		
fxta4=3		-1.9516	0.2998	-6.51	<0.0001		
fxta4=4		-1.1391	0.3052	-3.73	0.0002		
fximc=1		-0.4171	0.1788	-2.33	0.0197		
il=2		0.3484	0.1754	1.99	0.0470		

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para a referida análise, subdividiu-se o tempo de resposta em três grupos: (i) Tempo de resposta baixo ($y \geq 1$); (ii) tempo de resposta intermediário ($y \geq 2$); e (iii) tempo de resposta mais alto ($y \geq 3$). De posse dessa informação, os modelos encontrados estão expressos nas equações 11, 12 e 13.

$P(y \geq 1)$

$$= \frac{1}{1 + e^{-(2.2962 + \text{Faixa1} \cdot -0,7119 + \text{Faixa2} \cdot -1,9516 + \text{Faixa3} \cdot -1,1391 + \text{Ilum} \cdot 0,35)}} \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
 &P(y \geq 2) \\
 &= \frac{1}{1 + e^{-(1,003 + Faixa1 \cdot -0,7119 + Faixa2 \cdot -1,9516 + Faixa3 \cdot -1,1391 + Ilum \cdot 0,35)}}
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

$$\begin{aligned}
 &P(y \geq 3) \\
 &= \frac{1}{1 + e^{-(4,31 + Faixa1 \cdot -0,7119 + Faixa2 \cdot -1,9516 + Faixa3 \cdot -1,1391 + Ilum \cdot 0,35)}}
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

onde,

Faixa 1: $21^\circ \leq \text{Temperatura do ar} \leq 26,2^\circ$

Faixa 2: $26^\circ \leq \text{Temperatura do ar} \leq 29^\circ$

Faixa 3: $\text{Temperatura do ar} > 29^\circ$

Ilum: $\text{Ilumin\~{a}ncia} \geq 187 \text{ lux}$

Logo, é importante destacar que foram quatro variáveis que apresentaram influência no tempo de resposta: Faixa 1 ($21^\circ \leq \text{Temperatura do ar} \leq 26,2^\circ$); Faixa 2 ($26^\circ \leq \text{Temperatura do ar} \leq 29^\circ$); Faixa 3 ($\text{Temperatura do ar} > 29^\circ$) e Ilum (Iluminância ≥ 187 lux).

A partir das equações apresentadas extraiu-se a razão da chance, que está expressa na Tabela 57. Para a Faixa 1, a razão da chance foi de 0,49729; para a Faixa

2, o valor foi de 0,1420413; para a Faixa 3, o valor foi de 0,3200953 e a variável Ilum apresentou uma razão da chance de 1,416356.

Tabela 57 – Razão da chance para a influência das variáveis ambientais no tempo de resposta

Variável	Razão da chance (odds ratio)
Faixa 1	0,490729
Faixa 2	0,1420413
Faixa 3	0,1200953
Ilum	1,416356

Fonte: Elaboração própria (2019)

As considerações extraídas da razão da chance são as seguintes: (i) a chance de gastar mais tempo diminuiu em aproximadamente 50% para os estudantes que estavam na faixa 1 de temperatura; (ii) a chance de gastar mais tempo diminuiu em cerca de 86% para os estudantes que estavam dentro da faixa 2 de temperatura; (iii) a chance de gastar mais tempo diminuiu em aproximadamente 88% para indivíduos que estavam dentro da faixa 3 de temperatura; e por fim, (iv) a chance de responder o teste em mais tempo, aumentou em aproximadamente 41% quando

submetido a Iluminância ≥ 187 lux. Esses resultados podem ser identificados no Quadro 28.

Logo, é possível inferir que os indivíduos que estavam submetidos a temperaturas mais elevadas tenderam a gastar menos tempo para responder o teste, ou seja responderam mais rapidamente. Além disso, indivíduos que estavam submetidos a níveis elevados de iluminância tenderam a gastar mais tempo para responder o teste.

Quadro 28 - Resultados identificados e nível de significância no modelo 1

Variável	Significância	Razão da chance
Faixa 1 de temperatura do ar (21 & 26,2)	**	A chance de gastar mais tempo diminuiu em aproximadamente 50% para indivíduos que estavam dentro dessa faixa.
Faixa 2 de temperatura do ar (26 & 29)	***	A chance de gastar mais tempo diminuiu em cerca de 86% para indivíduos que estavam dentro dessa faixa.
Faixa 3 de temperatura do ar (>29)	***	A chance de gastar mais tempo diminuiu em 88% para indivíduos que estavam dentro dessa faixa.
Iluminância	*	A chance de responder o teste em mais tempo aumentou em aproximadamente 41% para indivíduos submetidos a

		iluminância superior a 187 lux
--	--	--------------------------------

Fonte: Elaboração própria (2019)

11.1.3 Influência das variáveis ambientais no desempenho

Os principais resultados encontrados podem ser sintetizados da seguinte forma: estudantes submetidos a $22.4^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24.7^{\circ}$ apresentaram chance de o desempenho aumentar em cerca de 74,20% em comparação com quem estava fora desse intervalo. Além disso, indivíduos em faixas de temperatura mais altas tenderam a responder o teste mais rapidamente.

Analisando os resultados, identificou-se que a principal variável que influenciou no desempenho foi a temperatura do ar. Tal resultado já era esperado e foi de encontro à literatura. Por exemplo, Hwang *et al.* (2006) constaram que características acústicas, lumínicas e de qualidade do ar não apresentaram significância estatística. Além deles, Jiang *et al.* (2018) explanaram que apenas condições térmicas insatisfatórias, seja por altas ou baixas temperaturas,

influenciaram negativamente no desempenho dos estudantes.

Antes de conhecer os achados de outras pesquisas é importante ressaltar que cada estudo apresenta suas peculiaridades. Além disso, as condições das respectivas regiões analisadas e o processo de aclimação dos indivíduos tende a influenciar nos resultados.

Niemelä *et al.* (2002) identificaram um decréscimo no desempenho quando a temperatura do ar estava além de 25°C. Tal resultado se aproxima do valor encontrado no presente trabalho, em que faixas $22.4^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24.7^{\circ}$ propiciaram maior chance de o desempenho aumentar.

Tham (2004) indicou que a faixa ideal para o desempenho da atividade é entre $20^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24^{\circ}$. Logo, constata-se que não existe diferenças significativas com o resultado apresentado neste livro. A única diferença encontra-se na amplitude da faixa, pois Tham (2004) indicou o limite inferior com temperaturas mais amenas.

Nessa linha, Wargocki *et al.* (2019) observaram que a redução da temperatura do ar de 30 ° C para 20 ° C resultou no aumento do desempenho das atividades estudantis em 20%. Esse resultado indica que existe uma maior afeição para temperaturas mais amenas. Entretanto, é importante destacar que a comparação foi feita entre temperaturas extremas e não se levou em consideração valores intermediários.

Por outro lado, Jaber *et al.* (2017) identificaram que para temperaturas entre $23^{\circ} \leq$ Temperatura do ar $\leq 24^{\circ}$ o desempenho foi maior que para temperaturas no entorno de 20°C. Esse resultado também segue a tendência dos achados no presente livro.

Apesar de alguns autores indicarem que o desempenho decai com temperaturas elevadas, existe uma linha que caminha no sentido inverso. Para Tham e Willem (2010), temperaturas mais elevadas geram a ativação do sistema nervoso, elevando o estado de alerta ou excitação mental, cenário preferido para execução de tarefas que requerem atenção e resistência.

Nesse sentido, Wang *et al.* (2018) indicaram que a temperatura propicia para o desempenho da atividade foi um pouco maior do que o esperado, no entorno de 27°C. Lau *et al.* (2019) seguiram essa tendência e constataram que a temperatura ideal para ambientes climatizados é no entorno de 26,7°C, com variantes até 24°C.

A análise dos estudos, sintetizada no Quadro 29, mostra que os resultados encontrados no presente livro estão em concordância com o que foi diagnosticado ao longo dos anos pelos diversos pesquisadores. Diante dessa constatação, é possível considerar que a principal contribuição dessa análise consiste no intervalo de temperatura do ar encontrado, e principalmente, o valor quantitativo (74,20%) que indica a chance do desempenho dos estudantes aumentar ao estar dentro desse intervalo.

Quadro 29 – Síntese da análise da literatura no que tange a influência da temperatura do ar no desempenho

Autor	Resultados encontrados que se relacionaram com aumento do desempenho (°C)
--------------	--

Niemelä <i>et. al.</i> (2002)	$22.4^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24.7^{\circ}$
Tham (2004)	$20^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24^{\circ}$
Lan <i>et. al.</i> (2009)	Temperatura do ar < 28°C
Jaber <i>et. al.</i> (2017)	Para temperaturas entre $23^{\circ} \leq \text{Temperatura do ar} \leq 24^{\circ}$ o desempenho foi maior que para temperaturas no entorno de 20°C
Wang <i>et al.</i> (2018)	$\pm 27^{\circ} \text{ C}$
Lau <i>et. al.</i> (2019)	26,7° com variantes até 24°C
Wargocki <i>et. al.</i> (2019)	Redução da temperatura do ar de 30 ° C para 20 ° C

Fonte: Elaboração própria (2019)

O segundo resultado encontrado indicou que indivíduos em faixas de temperatura mais altas tenderam a responder o teste mais rapidamente. Inúmeros aspectos podem explicar tal situação, entretanto, Parsons (2009) explana que em situações desconfortantes termicamente o corpo humano envia pulsos elétricos ao cérebro, que responde buscando comportamentos que minimizem os efeitos insalubres. Dessa maneira, o tempo de resposta em condições térmicas elevadas torna-se mais rápido em virtude da necessidade de sair do estado de desconforto.

Apesar disso, é importante destacar que alguns estudantes apresentaram o tempo de resposta similar nos três dias. Esse resultado caminha em direção as constatações desenvolvidas por Abreu-Harbich *et al.* (2018), quando indicaram que os alunos acostumados a estar em ambientes térmicos diversificados e submetidos a diferentes condições climáticas, apresentam maior grau de adaptabilidade térmica e sentem menos os efeitos da variação da temperatura.

11.2 Dimensões perceptivas

A análise fatorial é o nome dado a uma classe de métodos estatísticos multivariados, que busca sintetizar as relações observadas entre um conjunto de variáveis inter-relacionadas e identificar fatores comuns (HAIR JR *et al.*, 2005; FÁVERO *et al.*, 2009).

No presente estudo foram desenvolvidas duas análises. A primeira consistiu em uma Análise Fatorial Exploratória (AFE), que permitiu identificar o número de fatores adequado e desenvolver um modelo conceitual. Posteriormente, foi desenvolvido uma

Análise Fatorial Confirmatória (AFC) com o objetivo de atestar a adequação do modelo conceitual à amostra.

1.2.1 Análise Fatorial Exploratória (AFE)

O questionário proposto, anteriormente apresentado no Capítulo 9 e que é lembrado no Quadro 30, foi aplicado nos ambientes de ensino universitário e gerou um total de 561 respostas. Diante do número amostral, infere-se que é passível a aplicação de uma análise fatorial confirmatória, pois como regra geral, utiliza-se um mínimo de 5 vezes mais observações do que o número de variáveis que compõe o banco de dados, sendo recomendável, todavia, que este coeficiente seja de 10 observações para cada variável (HAIR JR *et al.*, 2005).

Quadro 30 - Questionário proposto

Questão
Q1 Quantidade de luz na mesa de trabalho
Q2 Qualidade do ar (em geral) na área de trabalho
Q3 Temperatura do ar na sua área de trabalho
Q5 Nível de ruído proveniente de outras pessoas

Q7 Nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) que você ouve da sua área de trabalho
Q8 Quantidade de luz para o trabalho com computador
Q9 Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador
Q10 Movimento do ar na sua área de trabalho
Q14 Qualidade da iluminação na sua área de trabalho
Q17 Considerando todas as condições ambientais da sua área de trabalho, qual é o seu nível de satisfação com o ambiente interno da sua área de trabalho, como um todo?
SENS Com relação à sua sensação térmica, como você está se sentindo neste momento?
DES Como você preferia estar se sentindo agora?

Fonte: Elaboração própria (2019)

O Teste de Bartlett foi o primeiro objeto de análise e os resultados obtidos estão expressos na Tabela 58 abaixo. Logo, constatou-se nesse primeiro teste que é possível a aplicação da análise fatorial.

Tabela 58 - Resultados do Teste de Bartlett

Teste de Bartlett	
Teste de Hipótese (Hipótese nula: a matriz de correlações é uma matriz identidade, caso p-valor seja inferior a 0,005 rejeita- se a hipótese nula e pode-se aplicar a análise fatorial)	
Qui-Quadrado	p-valor

O segundo teste foi o Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), que varia entre $0 \leq \text{KMO} \leq 1$, e indica a aplicabilidade da análise fatorial para valores próximos de um (FÁVERO *et al.*, 2009). Logo, a Tabela 59 indica o KMO obtido, que pode ser considerado bom, garantindo a adequação da técnica aos dados.

Tabela 59 - KMO encontrado e valores de referência

KMO encontrado	Valores de referência
0.86	1 - 0,9 (Muito boa) 0,8 - 0,9 (Boa) 0,7 - 0,8 (Média) 0,6 - 0,7 (Razoável) 0,5 - 0,6 (Má) <0,5 (Inaceitável) (FÁVERO <i>et al.</i> , 2009)

Fonte: Elaboração própria (2019)

Outra medida importante é a Medida de Adequação da Amostra ou Measure of Sampling Adequacy (MSA). Valores de MSA inferiores a 0.5 indicam que essa variável não se ajusta à estrutura definida e, neste caso considera-se a sua eliminação da AFE. De porte dessa informação identifica-se que todas as variáveis estavam acima do especificado e não

precisavam ser retiradas da análise realizada (Tabela 60).

Tabela 60 - MSA encontrados

CÓDIGO	MSA
Q1	0.86
Q2	0.92
Q3	0.86
Q5	0.85
Q7	0.83
Q8	0.85
Q9	0.85
Q10	0.94
Q14	0.86
SENS	0.77
DES	0.65

Fonte: Elaboração própria (2019)

Além disso, o alfa de Cronbach é um importante parâmetro para indicar a confiabilidade do instrumento, em que o valor ideal é acima de 0,7 (NUNNALLY, 1967). Para o presente instrumento o valor encontrado foi de 0.82, logo pode ser considerado aceitável.

Diante do exposto, considera-se que o presente instrumento obteve êxito em todos os parâmetros que garantem a aplicabilidade da análise fatorial. Dessa

forma, os quatro fatores encontrados que explicavam cerca de 66% da variabilidade dos dados e as cargas fatoriais apresentadas na Figura 14 são consideradas estatisticamente significativas.

Figura 14 - Dados da análise fatorial

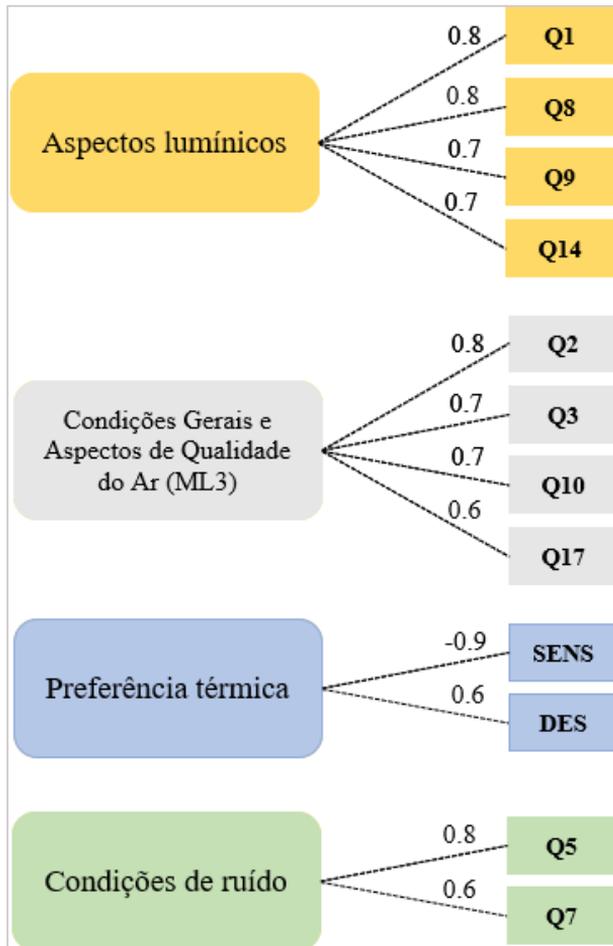
	ML2	ML3	ML1	ML4	h2	u2
SENSACAO	-0.01	-0.36	-0.93	-0.07	1.00	0.005
DESEJO	0.03	0.14	0.57	-0.01	0.35	0.651
QA1	0.77	0.26	0.03	0.12	0.67	0.328
QA10	0.26	0.58	0.28	0.22	0.52	0.476
QA14	0.73	0.24	0.04	0.20	0.64	0.365
QA17	0.22	0.70	0.23	0.29	0.68	0.323
QA2	0.31	0.69	0.20	0.16	0.63	0.366
QA3	0.14	0.84	0.23	0.11	0.79	0.206
QA5	0.29	0.31	-0.02	0.64	0.59	0.412
QA7	0.24	0.16	0.05	0.78	0.69	0.311
QA8	0.81	0.18	0.06	0.19	0.73	0.266
QA9	0.75	0.09	0.02	0.19	0.60	0.399
			ML2	ML3	ML1	ML4
SS loadings			2.71	2.45	1.42	1.31
Proportion Var			0.23	0.20	0.12	0.11
Cumulative Var			0.23	0.43	0.55	0.66
Proportion Explained			0.34	0.31	0.18	0.17
Cumulative Proportion			0.34	0.65	0.83	1.00

Fonte: Software R versão 3.6.0

Para facilitar o entendimento foi desenvolvida a Figura 20, em que se observa as dimensões ou fatores e as cargas fatoriais. A primeira dimensão incorporou as

questões de código Q1, Q8, Q9 e Q14 e recebeu o nome de “Aspectos Lumínicos (ML2)”. A segunda dimensão absorveu as questões Q2, Q3, Q10 e Q17 e foi denominado de “Condições Gerais e Aspectos de Qualidade do Ar (ML3)”. A terceira dimensão incorporou as questões SENS e DES e recebeu o nome de “Preferência Térmica (ML1)”. Por fim, a quarta dimensão incorporou as questões Q5 e Q7 e foi denominado de “Condições de ruído (ML4)”.

Figura 15 - Dimensões ou fatores e as cargas fatoriais



Fonte: Elaboração própria (2019)

11.2.2 Análise Fatorial Confirmatória (AFC)

Após o desenvolvimento do modelo de Análise Fatorial Exploratória obteve-se as dimensões ou fatores e as respectivas cargas fatoriais. Logo, para verificar a adequação desse modelo conceitual à amostra desenvolveu-se também um modelo de Análise Fatorial Confirmatória (AFC).

Para que o modelo de AFC seja adequado é necessário a avaliação de um conjunto de itens (Tabela 61). Os resultados dos itens de avaliação encontrados estão expressos na Tabela 62. Logo, verificou-se que o modelo conceitual apresentado pode ser considerado adequado para analisar a qualidade ambiental interna de ambientes climatizados que comportam estudantes de ensino superior.

Tabela 61 - Valores de referência

Estatísticas	Valores de referência
X^2	Significativo
p-value	(p-valor < 0.05)
CFI	[0.9 ; 0.95 [
GFI	(Ajustamento bom)
TLI	
PGFI	[0.6 ; 0.8 [
PCFI	(Ajustamento bom)
RMSEA	[0.05 ; 0.10 [
	(Ajustamento bom)

p-value	Significativo (p-valor < 0.05)
---------	-----------------------------------

Fonte: Marôco (2010)

Tabela 62 - Valores do modelo e avaliação

Estatísticas	Valores do modelo	Avaliação
X ² (Chi-square)	247.197	Significativo
p-value	0.000	
CFI	0.945	Ajustamento bom
GFI	0.928	
TLI	0.924	
PGFI	0.671	Ajustamento bom
PCFI	0.678	
RMSEA	0.086	Ajustamento bom
p-value	0.000	Significativo (p-valor < 0.05)

Fonte: Elaboração própria (2019)

Após verificar a adequação do modelo conceitual proposto à amostra, identificou-se os pesos de cada um dos itens nas quatro dimensões latentes (Tabela 63). Essa análise trouxe informações consideráveis, pois permitiu comparar a importância dos itens na dimensão de acordo com as respostas obtidas.

Na avaliação da dimensão Aspectos Lumínicos (ML2), identificou-se que o item de maior peso foi a “Quantidade de luz para o trabalho com computador”

(QA8). O segundo item mais importante foi a “Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador” (Q9). Por fim, a “Quantidade de luz na mesa de trabalho” (Q1) e a “Qualidade da iluminação na sua área de trabalho” (Q14) apresentaram pesos similares.

No que tange a dimensão Condições Gerais e Aspectos de Qualidade do Ar (ML3), identificou-se que o item de maior peso foi a “Temperatura do ar na área de trabalho” (Q3). O segundo item mais importante foi o “Nível de satisfação com o ambiente interno” (Q17). Na sequência, apareceu o “Movimento do ar na área de trabalho” (Q10); e por fim, a “Qualidade do ar na área de trabalho” (Q2).

A terceira dimensão tratou da Preferência Térmica (ML1). O item de maior peso foi “Como você está se sentindo?” (SENS), seguido pelo item “Como você preferia estar se sentido agora” (DES).

Por fim, a quarta dimensão tratou das Condições de ruído (ML4). Verificou-se que o item de maior peso foi a “Nível de ruído proveniente de outras pessoas”

(Q5); seguido pelo “Nível de ruído de fundo que você ouviu da sua área de trabalho” (Q7).

Tabela 63 - Cargas fatoriais e significância

Dimensão	Item	Estimativa	Z-Value	P-Value
ML2 (Aspectos lumínicos)	Quantidade de luz para o trabalho com computador (Q8)	1.00	-	-
	Quantidade de luz na mesa de trabalho (Q1)	0.914	22.525	0.000
	Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador (Q9)	0.981	19.752	0.000
	Qualidade da iluminação na sua área de trabalho (Q14)	0.913	21.971	0.000
ML3 (Condições gerais e de qualidade do ar)	Temperatura do ar na sua área de trabalho (Q3)	1.00	-	-
	Nível de satisfação com o ambiente interno da sua área de trabalho, como um todo? (Q17)	0.843	22.482	0.000
	Qualidade do ar (em geral) na área de trabalho (Q2)	0.813	21.486	0.000
	Movimento do ar na sua área de trabalho (Q10)	0.821	19.525	0.000

ML1 (Preferência térmica)	Como você está se sentindo neste momento? (SENS)	1.00	-	-
	Como você preferia estar se sentindo agora? (DES)	-0.571	-8.319	0.000
ML4 (Condições de ruído)	Nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) que você ouve da sua área de trabalho (Q7)	1.00	-	-
	Nível de ruído proveniente de outras pessoas (Q5)	1.158	13.306	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

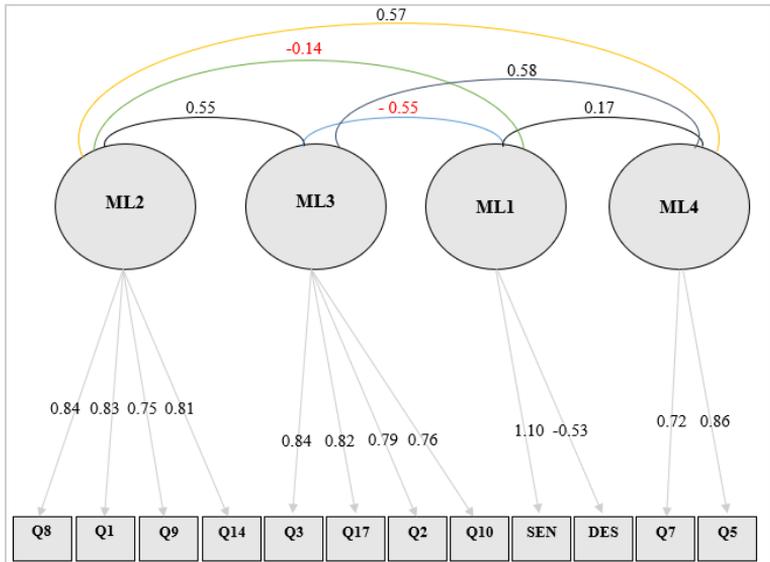
Posteriormente, foi desenvolvido o digrama de relações, que apresenta uma análise gráfica dos pesos padronizados das dimensões. A padronização é importante, pois permite uma comparação mais precisa quando existe uma variação significativamente diferente entre as respostas dos itens.

Verifica-se na Figura 16 que a ordem de importância foi praticamente idêntica a apresentada anteriormente. Para a dimensão ML2, a ordem de importância dos itens foi: Q8, Q1, Q14 e Q9. Para a

dimensão ML3, a ordem de importância foi: Q3, Q17, Q2 e Q10. No que tange a dimensão ML1, o item SENS foi mais importante que o item DES. Por fim, na dimensão ML4, o item Q5 foi mais importante que o item Q7.

O diagrama de relações também apresenta as covariâncias entre as dimensões, ou seja, o grau de associação entre elas. O diagrama de relações também indica as covariâncias entre dimensões. Essas covariâncias estão relacionadas ao grau de associação entre aquelas dimensões. Verifica-se que a dimensão Aspectos lumínicos (ML2) está associada a Condições Gerais e de Qualidade do ar (ML3) e Condições de ruído (ML4). Além disso, identifica-se que as Condições Gerais e de Qualidade do ar (ML3) está associada as Condições de ruído (ML4) e a Preferência Térmica (ML1).

Figura 16 - Diagrama de relações



Fonte: Elaboração própria (2019)

11.2.3 Considerações do tópico

A primeira etapa, desenvolvida a partir da Análise Fatorial Exploratória (AFE), permitiu que fosse estruturado um modelo conceitual composto de quatro dimensões latentes, também denominado de fatores. Na etapa posterior, a partir da Análise Fatorial Confirmatória (AFC) verificou-se a adequação do modelo conceitual à amostra. Logo, essa análise possibilitou comprovar estatisticamente que o modelo

conceitual proposto na etapa anterior estava adequado.

Sendo assim, conclui-se que o presente instrumento abrangeu quatro dimensões: (i) Aspectos lumínicos, em que os itens mais importantes foram: “Quantidade de luz para o trabalho com computador” e Quantidade de luz na mesa de trabalho; (ii) Condições gerais e de Qualidade do ar, em que os itens mais importantes foram: “Temperatura do ar na sua área de trabalho” e “Nível de satisfação com o ambiente interno da sua área de trabalho”; (iii) Preferência térmica, em que o item mais importante foi “Como você está se sentindo no momento?”; e (iv) Aspectos acústicos, cujo item mais importante foi “Nível de ruído proveniente de outras pessoas”.

Diante dos resultados encontrados, admite-se que o questionário aplicado pode ser considerado como um potencial instrumento para avaliação subjetiva da qualidade ambiental interna, pois abrange a avaliação das diferentes áreas ambientais.

Logo, é possível concluir que a avaliação subjetiva da qualidade ambiental interna de ambientes climatizados de ensino superior pode ser realizada mediante utilização deste questionário. Tal constatação é importante, haja vista que na literatura faltam instrumentos de avaliação subjetiva para esse tipo de ambiente de ensino.

11.3 Influência das dimensões perceptivas no desempenho

A Análise Fatorial permitiu que fosse identificada estatisticamente quatro dimensões. Isso possibilitou analisar a relação dessas dimensões com o desempenho dos estudantes a partir de Equações Estruturais. As variáveis utilizadas para avaliar o desempenho foram o tempo de resposta (BPR5) e o total de acertos (BPRT).

Primeiramente foi desenvolvido o Modelo 1, em que o processo inicial é igual ao método de verificação de adequação da AFC. Em um primeiro momento observou-se que o modelo passou por todos os parâmetros de avaliação (Tabela 64). Posteriormente,

observou-se as dimensões, as respectivas cargas fatoriais e o nível de significância (Tabela 65). Além disso, a Tabela 66 apresenta as covariâncias e verificou-se que todas foram significativas.

Tabela 64 - Parâmetros do Modelo 1

Estatísticas	Valores do modelo	Avaliação
X ² (Chi-square)	279.236	Significativo
p-value	0.000	
CFI	0.941	Ajustamento bom
TLI	0.917	
RMSEA	0.077	Ajustamento bom
p-value	0.000	Significativo
Minimum Function Test Statistic	3758.432	Significativo
p-value	0.000	

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 65 - Dimensões e cargas fatoriais do Modelo 1

Dimensão	Item	Estimativa	p-value
ML2 (Aspectos lumínicos)	Quantidade de luz para o trabalho com computador	1.00	-
	Quantidade de luz na mesa de trabalho	0.907	0.000
	Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador	0.983	0.000
	Qualidade da iluminação na sua área de trabalho	0.906	0.000
ML3 (Condições)	Temperatura do ar na sua área de trabalho	1.00	-
	Nível de satisfação com o ambiente interno da sua	0.842	0.000

gerais e de qualidade do ar)	área de trabalho, como um todo?		
	Qualidade do ar (em geral) na área de trabalho	0.812	0.000
	Movimento do ar na sua área de trabalho	0.821	0.000
ML1 (Preferência térmica)	Como você está se sentindo neste momento?	1.00	-
	Como você preferia estar se sentindo agora?	-0.613	0.000
ML4 (Condições de ruído)	Nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) que você ouve da sua área de trabalho	1.00	-
	Nível de ruído proveniente de outras pessoas	1.168	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 66 - Covariância

Relações	Estimativa	z-value	p-value
ML2 ~~ ML3	1.077	9.649	0.000
ML2 ~~ ML1	-0.267	-3.456	0.001
ML2 ~~ ML4	0.808	8.737	0.000
ML3 ~~ ML1	-1.284	-11.272	0.000
ML3 ~~ ML4	1.013	8.787	0.000
ML1 ~~ ML4	-0.282	-3.829	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

O principal resultado desse modelo está expresso na Tabela 67, que apresenta a relação entre o desempenho e as dimensões encontradas. Verifica-se que apenas duas dimensões tiveram influência no desempenho: (1) ML2, também chamado de “Aspectos

Lumínicos”, teve influência no BPR5T, que indica o número total de acertos; e (2) ML1, também chamado de “Preferência Térmica”, teve influência no BPR5, que indica o tempo de resposta.

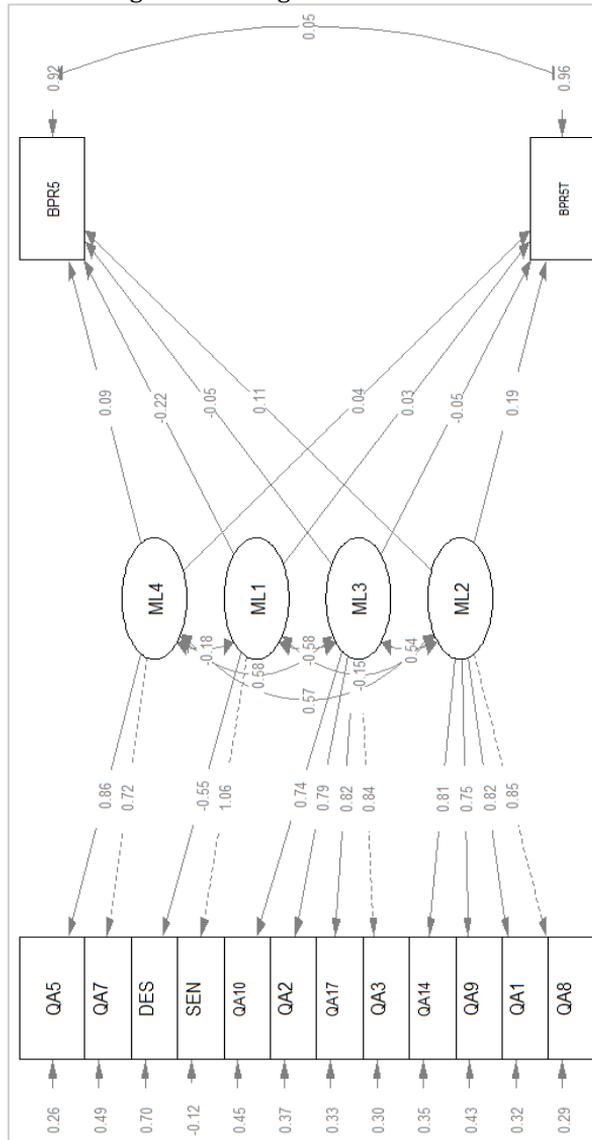
Tabela 67 - Relação entre o desempenho e as dimensões

Relações	Estimativa	z-value	p-value
ML2 ~~ BPR5T	0.507	3.063	0.002
ML3 ~~ BPR5	-0.110	-0.638	0.524
ML1 ~~ BPR5T	0.067	0.545	0.586
ML4 ~~ BPR5	0.119	0.571	0.568
ML2 ~~ BPR5	16.493	1.821	0.069
ML3 ~~ BPR5T	-5.560	-0.573	0.566
ML1 ~~ BPR5	-29.046	-3.637	0.000
ML4 ~~ BPR5T	15.932	1.392	0.164

Fonte: Elaboração própria (2019)

Para representar graficamente o modelo foi desenvolvida a Figura 17. Verifica-se todas as relações testadas nesse modelo, entretanto como apenas duas relações foram significativas (ML2 ~~ BPR5T; ML1 ~~ BPR5), desenvolveu-se um novo modelo com essas relações.

Figura 17 - Diagrama do Modelo 1



Fonte: Elaboração própria (2019)

Diante do cenário diagnosticado anteriormente, foi desenvolvido um novo modelo com as dimensões que apresentaram relação com o desempenho. Logo, verificou-se que os parâmetros de avaliação (Tabela 68) foram similares aos apresentados anteriormente. As dimensões, as respectivas cargas fatoriais e o nível de significância também foram similares (Tabela 69). Além disso, a Tabela 70 apresenta as covariâncias e verifica-se que todas foram significativas.

Tabela 68 - Parâmetros do Modelo 2

Estatísticas	Valores do modelo	Avaliação
X ² (Chi-square)	293.972	Significativo
p-value	0.000	
CFI	0.939	Ajustamento bom
TLI	0.921	
RMSEA	0.076	
		Ajustamento bom
p-value	0.000	Significativo
Minimum Function Test Statistic	3758.432	Significativo
p-value	0.000	

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 69 - Dimensões e cargas fatoriais do Modelo 1

Dimensão	Item	Estimativa	z-value	p-value
ML2 (Aspectos lumínicos)	Quantidade de luz para o trabalho com computador (Q8)	1.00	-	-
	Quantidade de luz na mesa de trabalho (Q1)	0.909	22.555	0.000
	Quantidade de luz refletida ou de ofuscamento na tela do computador (Q9)	0.982	19.944	0.000
	Qualidade da iluminação na sua área de trabalho (Q14)	0.907	21.940	0.000
ML3 (Condições gerais e de qualidade do ar)	Temperatura do ar na sua área de trabalho (Q3)	1.00	-	-
	Nível de satisfação com o ambiente interno da sua área de	0.842	22.467	0.000

	trabalho, como um todo? (Q17)			
	Qualidade do ar (em geral) na área de trabalho (Q2)	0.813	21.495	0.000
	Movimento do ar na sua área de trabalho (Q10)	0.822	19.535	0.000
ML1 (Preferência térmica)	Como você está se sentindo neste momento? (SENS)	1.00	-	-
	Como você preferia estar se sentindo agora? (DES)	-0.624	-9.902	0.000
ML4 (Condições de ruído)	Nível de ruído de fundo (não proveniente de conversas) que você ouve da sua área de trabalho (Q7)	1.00	-	-
	Nível de ruído proveniente de outras pessoas (Q5)	1.161	13.309	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

Tabela 70 - Covariâncias

Relações	Estimativa	z-value	p-value
ML2 ~~ ML3	1.074	9.640	0.000
ML2 ~~ ML1	-0.260	-3.364	0.001
ML2 ~~ ML4	0.811	8.753	0.000
ML3 ~~ ML1	-1.281	-11.252	0.000
ML3 ~~ ML4	1.017	8.800	0.000
ML1 ~~ ML4	-0.79	-3.772	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

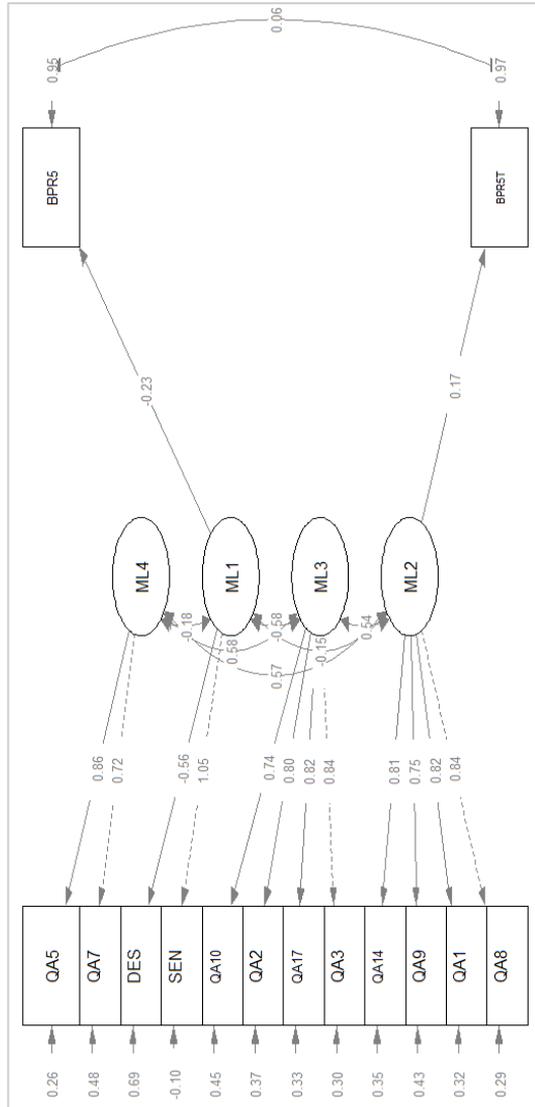
O principal resultado desse novo modelo está expresso na Tabela 71, que apresenta a relação entre as dimensões e o desempenho que foram significativas. Para que essa relação ficasse clara foi desenvolvida uma análise gráfica, que está expressa na Figura 18.

Tabela 71 - Relação entre o desempenho e as dimensões

Relações	Estimativa	z-value	p-value
ML2 ~~ BPR5T	0.458	3.898	0.000
ML1 ~~ BPR5	-30.604	-5.284	0.000

Fonte: Elaboração própria (2019)

Figura 18 - Diagrama do Modelo 2



Fonte: Elaboração própria (2019)

11.3.1 Considerações do tópico

A presente análise comprovou estatisticamente que duas das quatro dimensões apresentaram relação com o desempenho. Identificou-se uma relação direta entre a dimensão ML2 (Aspectos Lumínicos) e o número total de acertos (BPR5T). Além disso, a dimensão ML1 (Preferência térmica) se relacionou inversamente com o tempo de resposta (BPR5).

Esses achados indicaram duas coisas: o maior número de acertos esteve atrelado as melhores percepções quanto a dimensão lumínica; e o menor tempo de resposta esteve associado as piores percepções quanto a dimensão térmica.

Esses resultados comprovaram estatisticamente que o aspecto subjetivo apresentou relação com o desempenho nos testes. Entretanto, apenas as dimensões referentes às condições térmicas e lumínicas tiveram significância.

Também é importante ressaltar que as variáveis isoladas, que consistem na análise individual das questões propostas aos indivíduos, não apresentaram

relação com o desempenho. Entretanto, quando foram agrupadas e analisadas de forma conjunta apresentaram significância.

Por exemplo, com relação aos aspectos lumínicos foram feitos quatro questionamentos, que individualmente não apresentaram relação com o desempenho. Entretanto, o agrupamento deles formou uma dimensão, que apresentou relação significativa com o desempenho. A mesma situação foi encontrada para as questões que avaliavam as condições térmicas, que individualmente não apresentaram significância, mas agrupadas tiveram influência.

O diagnóstico feito anteriormente mostra que é importante ampliar os questionamentos, pois como se trata de aspectos subjetivos outras variáveis podem influenciar na percepção ambiental. Logo, o maior número de questões torna a avaliação subjetiva mais precisa.

Por fim, identifica-se que esses resultados estão alinhados com os achados na análise da influência das variáveis ambientais no desempenho (Tópico 4.5), em

que se identificou que a temperatura do ar e a iluminância foram as únicas variáveis que apresentaram relação com o desempenho.

Esse alinhamento mostra que uma análise subjetiva bem feita é capaz de avaliar quais aspectos ambientais influenciam no desempenho. Essa informação é importante, pois na literatura predominam análises objetivas, em que se avalia apenas a influência dos parâmetros ambientais no desempenho.

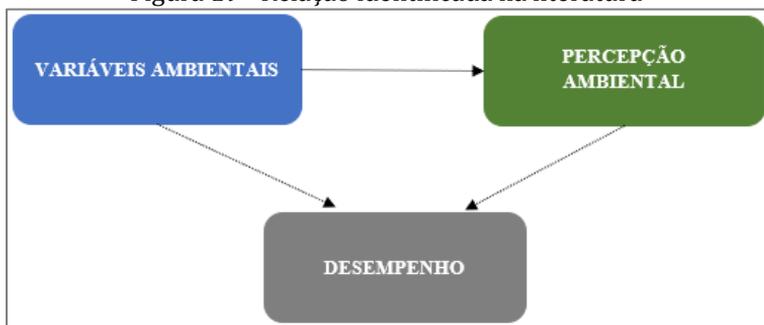
O cenário apresentado anteriormente é corroborado pela análise da literatura, quando se identifica que as condições térmicas e lumínicas influenciam diretamente o desempenho dos indivíduos dentro de ambientes de ensino (BAKÓ-BIRÓ *et al.*, 2012; SARBU; PACURAR, 2015; RAMPRASAD; SUBBAIYAN, 2017; DE ABREU-HARBICH *et al.*, 2018; JIANG *et al.*, 2018).

11.4 Relações entre as dimensões perceptivas

Tomando como base a literatura científica da temática do presente estudo identifica-se as seguintes

relações: (1) as variáveis ambientais tendem a influenciar na percepção ambiental e no desempenho dos estudantes; (2) e a percepção ambiental também pode influenciar no desempenho dos estudantes. A Figura 19 expressa esse modelo conceitual.

Figura 19 - Relação identificada na literatura



Fonte: Elaboração própria (2019)

Esse modelo conceitual foi corroborado pelos achados no presente livro. Nesse sentido, é importante lembrar que a análise fatorial subdividiu o questionário em quatro dimensões: Preferência térmica (ML1); Aspectos lumínicos (ML2); Condições gerais e de qualidade do ar (ML3) e Condições de ruído (ML4).

Além disso, as equações estruturais mostraram que a dimensão Preferência térmica (ML1) influenciou

no Tempo de Resposta (BPR5); e a dimensão Aspectos lumínicos (ML2) influenciou no Número Total de Acertos (BPR5T).

Tomando como base as dimensões encontradas e as relações com o desempenho, desenvolveu-se análises probabilísticas a partir de Redes Bayesianas. Para isso, identificou-se inicialmente como as dimensões estavam se relacionando através dos algoritmos Hill-Climbing e Tabu, seguindo o critério Mutual Information.

A significância das relações encontradas está expressa na Figura 20, que podem ser graficamente visualizadas a partir da rede apresentada na Figura 21. Logo, constatou-se que o índice PMV influenciou nas dimensões Preferência térmica (ML1) e Condições gerais e de qualidade do ar (ML3). Além disso, a dimensão Preferência térmica (ML1) influenciou na dimensão Aspectos lumínicos (ML2), Condições gerais e de qualidade do ar (ML3) e no tempo de resposta (BPR5).

Além disso, também foi constatado que a dimensão Aspectos lumínicos (ML2) influenciou na dimensão Condições de ruído (ML4) e no número total de acertos (BPR5T). Por fim, é importante destacar que a dimensão Aspectos gerais e de qualidade do ar (ML3) influenciou nas dimensões Aspectos lumínicos (ML2) e Condições de ruído (ML4).

Figura 20 – Relações identificadas

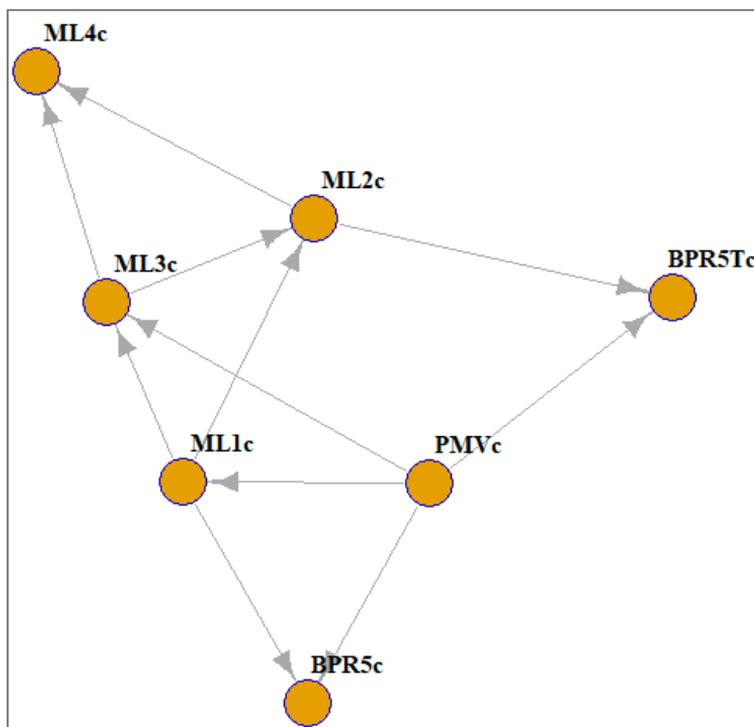
```

> arc.strength(d.hc.aic, data = m, criterion = "x2")
  from    to    strength
1  PMVc   ML1c  8.491465e-52
2  ML1c   BPR5c  4.020903e-04
3  ML1c   ML2c  1.250081e-08
4  ML1c   ML3c  1.958000e-03
5  ML2c  BPR5Tc  2.009146e-02
6  ML3c   ML4c  4.852226e-12
7  ML2c   ML4c  5.362751e-11
8  PMVc   ML3c  3.578775e-12
9  ML3c   ML2c  1.393526e-41
10 PMVc   BPR5c  1.073336e-03
11 PMVc  BPR5Tc  4.222905e-02
> arc.strength(d.hc.aic, data = m, criterion = "mi")
  from    to    strength
1  PMVc   ML1c  1.593849e-53
2  ML1c   BPR5c  2.460208e-03
3  ML1c   ML2c  4.628892e-10
4  ML1c   ML3c  2.152045e-03
5  ML2c  BPR5Tc  1.609660e-02
6  ML3c   ML4c  1.574459e-11
7  ML2c   ML4c  2.013761e-10
8  PMVc   ML3c  4.979865e-11
9  ML3c   ML2c  7.671630e-50
10 PMVc   BPR5c  4.508231e-04
11 PMVc  BPR5Tc  3.979758e-02

```

Fonte: Elaboração própria (2019)

Figura 21 – Rede (Grafo) das relações identificadas



Fonte: Elaboração própria (2019)

Para validação da rede foi necessário avaliar a área da curva ROC para cada nó, que é gerada a partir dos valores de sensibilidade e especificidade da estimativa. Levando em consideração que 0,7 é o valor de referência, observa-se que todos os nós da rede encontrada apresentaram índices aceitáveis (Tabela 72).

Tabela 72 – Valores da curva ROC para cada nó

Variável de decisão	NÓ PAI	AUC
BPR5c	PMV,ML1	0.8014706
BPR5Tc	ML2,PMV	0.7352941
ML1	PMV	0.7573529
ML2	ML1,ML3	0.8014706
ML3	PMV,ML1	0.786747
ML4	ML2,ML3	0.8308824
PMV	-	0.779418

Fonte: Elaboração própria (2019)

11.4.1 Cenários probabilísticos para o desempenho

A partir das relações encontradas na rede é possível simular cenários probabilísticos para o desempenho. A Tabela 73 mostra as probabilidades de se ter um bom ou mau desempenho de acordo com as condições do PMV e da dimensão Aspectos lumínicos.

Entre as análises feitas, diagnosticou-se que os cenários 2,3,8 e 9 apresentaram maior probabilidade de bom desempenho, enquanto os demais cenários maiores probabilidades de mau desempenho.

Com relação ao cenário 2, em que o PMV é quente e a dimensão aspectos lumínicos é acima da média,

identificou-se que a probabilidade de obter bom desempenho foi de aproximadamente 63%.

No que tange o cenário 3, para situações em que o PMV indicou quente e a dimensão aspectos lumínicos estava na média, a probabilidade de obter bom desempenho foi de cerca de 55%,

No que diz respeito ao cenário 8, que o PMV indicou neutralidade térmica e a dimensão Aspectos lumínicos estava acima da média, a probabilidade de ter bom desempenho foi de aproximadamente 63%.

Por fim, no cenário 9, quando o PMV indicou neutralidade térmica e a dimensão Aspectos lumínicos estava na média, a probabilidade de ter bom desempenho foi de aproximadamente 59%.

Em contrapartida, quando o PMV indicou frio, independente da condição existente na dimensão Aspectos lumínicos, predominou a probabilidade de ter um mau desempenho. Nessa linha, destaca-se o percentual de 80% obtido no cenário 4.

Tabela 73 – Cenários probabilísticos para o número de acertos

Cenários	PMV	ML2	Bom desempenho	Mau desempenho
1	Quente	Abaixo da média	0.3578387	0.6451613
2	Quente	Acima da média	0.627907	0.372093
3	Quente	Na média	0.5483871	0.4516129
4	Frio	Abaixo da média	0.2058824	0.7941176
5	Frio	Acima da média	0.4339623	0.5660377
6	Frio	Na média	0.4186047	0.5813953
7	Neutro	Abaixo da média	0.4054054	0.5945946
8	Neutro	Acima da média	0.6285714	0.3714286
9	Neutro	Na média	0.5909091	0.5909091

Fonte: Elaboração própria (2019)

A Tabela 74 mostra as probabilidades referentes ao tempo de resposta de acordo com as condições do PMV e da dimensão Preferência térmica. Quando o PMV indicou quente e a dimensão Preferência térmica esteve abaixo da média, a probabilidade de ter um tempo de resposta baixo foi de 42%. Por outro lado, quando o PMV indicou quente o a dimensão

Preferência térmica esteve na média ou abaixo dela, a maior probabilidade foi para um tempo de resposta médio.

Em contrapartida, quando o PMV indicou frio e a dimensão Preferência térmica esteve acima da média, a probabilidade de ter um tempo de resposta mais baixo foi de 60%. Por fim, para todos os cenários em que o PMV indicou neutralidade, o maior percentual probabilístico foi para um tempo de resposta médio.

Tabela 74 – Cenários probabilísticos para o tempo de resposta

Cenários	PMV	ML1	Tempo baixo	Tempo médio	Tempo alto
1	Quente	Abaixo da média	0.416	0.500	0.083
2	Quente	Acima	0.216	0.729	0.054

		da média			
3	Quente	Na	0.076	0.923	0.000
		média			
4	Frio	Abaixo	0.130	0.684	0.184
		da			
		média			
5	Frio	Acima	0.5833	0.416	0.000
		da			
		média			
6	Frio	Na	0.053	0.760	0.186
		média			
7	Neutro	Abaixo	0.135	0.837	0.027
		da			
		média			
8	Neutro	Acima	0.312	0.687	0.000
		da			
		média			
9	Neutro	Na	0.146	0.829	0.024
		média			

Fonte: Elaboração própria (2019)

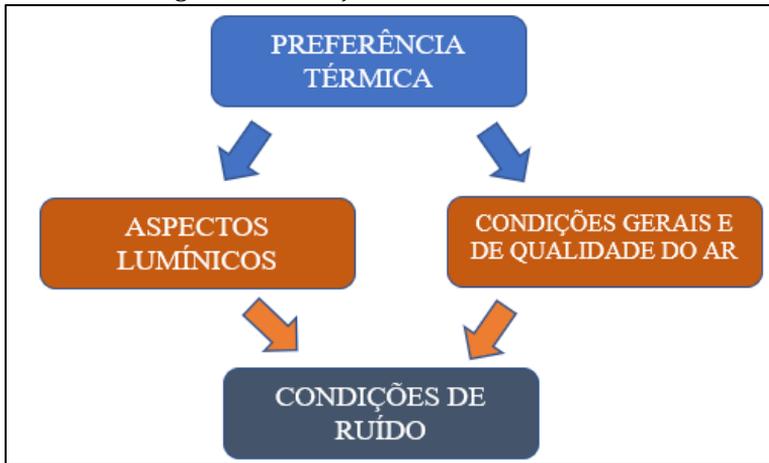
11.4.2 Considerações do tópico

O desenvolvimento da Rede Bayesiana mostrou estatisticamente que a percepção térmica influenciou na percepção das demais variáveis, cenário que foi previamente identificado na Descrição da Percepção Ambiental (Tópico 4.4).

Observou-se que a dimensão Preferência térmica repercutiu nas dimensões Aspectos lumínicos e Condições gerais. Essas duas por sua vez,

influenciaram na dimensão Condições acústicas. Tal situação fez da percepção térmica a principal variável subjetiva desse estudo (Figura 22).

Figura 22 – Relações entre as dimensões



Fonte: Elaboração própria (2019)

Esses achados comprovam a existência de uma prioridade perceptiva, também encontrada por outros autores, quando indicaram que percepções térmicas influenciaram na percepção das demais variáveis ambientais (HALDI; ROBINSON, 2010; FRONTCAK; WARGOCKI, 2011; KIM; DEAR, 2012).

No que tange os cenários probabilísticos, alguns pontos merecem ser destacados. Quando o PMV

indicou frio, independente da percepção quanto aos Aspectos lumínicos, predominou a probabilidade de se ter um mau desempenho. Por outro lado, quando o PMV indicou quente, mas a dimensão Aspectos lumínicos estava na média ou acima dela, predominou a probabilidade de se ter um bom desempenho.

Esses resultados podem ser justificados com base em outros pesquisadores, ao observarem que temperaturas mais amenas diminuem a ativação do sistema nervoso e a eficiência na execução da tarefa, gerando mau desempenho (DUNCKO *et al.*, 2009; LARRA *et al.*, 2014). Além disso, outros pesquisadores diagnosticaram que condições térmicas levemente superiores estavam diretamente correlacionadas ao aumento de desempenho (LAN *et al.*, 2009; THAM; WILLEM, 2010).

Além deles, Wang *et al.* (2018) diagnosticaram que o desempenho foi mais adequado quando os alunos estavam submetidos a condições mais quentes. Além disso, condições térmicas mais frias apresentaram repercussões negativas no processo de

aprendizagem. Tal estudo se alinha perfeitamente com os resultados que foram encontrados no presente livro.

O cenário apresentado, em que temperaturas mais elevadas influenciam positivamente no desempenho, não é o padrão. Prova disso, é que outros autores diagnosticaram que ambientes levemente frios ou neutro promovem o aumento do desempenho e temperaturas mais elevadas repercutem negativamente (CUI *et al.*, 2013; WARGOCKI *et al.*, 2019).

Em função disso, não é possível definir para uma amostra se o desempenho aumenta ou diminui com o aumento de temperatura sem uma análise prévia. É necessário que se faça um estudo, pois as condições climáticas e de ambientação dos estudantes tendem a influenciar nos resultados encontrados. Para a amostra desse estudo identificou-se que temperaturas um pouco mais elevadas apresentaram relação com bom desempenho nos testes, entretanto em outros locais não é obrigatório que essa tendência seja seguida.

CAPÍTULO 12 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente livro buscou compreender como as variáveis ambientais e a percepção ambiental influenciavam no desempenho de estudantes universitários em ambientes de ensino climatizados de diferentes regiões brasileiras.

Para isso, foram apresentados inicialmente os conceitos relacionados à Ergonomia. Posteriormente, estudou-se especificamente cada uma das variáveis ambientais. Em seguida, foram apresentados conceitualmente os métodos estatísticos necessários para o desenvolvimento deste livro. Por fim, trabalhou-se alguns conceitos dos aspectos cognitivos.

Com os conceitos citados anteriormente tornou-se possível estudar a metodologia experimental aplicada. Logo, foram apresentados os ambientes; as variáveis e indicadores do estudo; como foi realizada a coleta de dados e como eles foram analisados.

Com a aplicação dessa metodologia encontraram-se alguns resultados. Para sintetiza-los, foram expostas as principais contribuições. Em um primeiro momento,

apresenta-se os achados referentes a percepção ambiental, em seguida as informações relacionadas as variáveis ambientais.

A primeira contribuição foi diagnosticada na análise da percepção ambiental dos estudantes. Contudo, antes de investigar essas descobertas é importante lembrar que a temperatura do ar foi a única variável manipulada durante o experimento, enquanto que as variáveis acústica, lumínica e de qualidade do ar mantiveram-se constantes.

Por este motivo, esperava-se que os percentuais referentes a percepção térmica variassem, enquanto que os referentes às demais variáveis se mantivessem constantes durante o experimento. Entretanto, identificou-se que os percentuais das percepções acústica, lumínica e de qualidade do ar seguiram uma variação similar aos obtidos para a percepção térmica.

Esse cenário ficou explícito no dia em que se aferiu a temperatura do ar mais alta, pois constatou-se para todas as questões aplicadas os maiores percentuais de insatisfação. Além disso, para todas as

variáveis ambientais analisadas os estudantes indicaram insatisfação.

Esse diagnóstico permitiu concluir que a percepção térmica foi capaz de influenciar na percepção acústica, lumínica e de qualidade do ar. Dessa forma, as condições das variáveis térmicas influenciaram diretamente na percepção da qualidade ambiental interna, fazendo dessas variáveis as mais importantes.

Ainda com relação a percepção ambiental, identificou-se que individualmente as questões aplicadas não apresentaram relação com o desempenho. Para resolver esse problema, aplicou-se análise fatorial para agrupá-la e criar dimensões perceptivas, pois assim existia a possibilidade de identificar potenciais relações com o desempenho.

A partir desta identificação desenvolveu-se modelos de equações estruturais e comprovou-se a existência de relações significativas entre as dimensões perceptivas e o desempenho. Assim, foram identificados dois resultados: relação direta entre a

dimensão Aspectos Lumínicos e o número total de acertos; e relação inversa entre a dimensão Preferência térmica e o tempo de resposta.

Além disso, aplicou-se o método denominado de Redes Bayesianas para compreender como as dimensões perceptivas estavam se relacionando. Logo, constatou-se que a dimensão Preferência térmica repercutiu nas dimensões Aspectos lumínicos e Condições gerais. Essas duas por sua vez influenciaram na dimensão Condições acústicas.

Esse resultado indicou a existência de prioridade perceptiva, haja vista que a dimensão Preferência térmica repercutiu nas demais dimensões perceptivas. Essa situação foi observada inicialmente na análise da percepção ambiental e comprovada estatisticamente a partir dos resultados obtidos pelo método aplicado.

A aplicação de Redes Bayesianas também permitiu que fossem identificados cenários probabilísticos para o desempenho. Os cenários analisados levaram em consideração as relações

significativas encontradas a partir do modelo de equações estruturais.

Dessa forma, quando o PMV indicou frio, independente da percepção quanto aos Aspectos lumínicos, predominou a probabilidade de se ter um mau desempenho. Por outro lado, quando o PMV indicou quente, mas a dimensão Aspectos lumínicos estava na média ou acima dela, predominou a probabilidade de se ter um bom desempenho.

Essas descobertas mostraram que os estudantes apresentam maior probabilidade de bom desempenho diante de condições mais quentes do que quando submetidos a condições mais frias. Entretanto, é importante destacar que esses resultados são para testes de curta duração, que duraram no máximo quarenta minutos.

Com isso, finaliza-se as considerações da percepção ambiental. Em linhas gerais, identificou-se a existência de uma prioridade perceptiva, em que a percepção térmica influenciou na percepção das demais variáveis. Além disso, constatou-se relação

significativa entre a percepção e o desempenho a partir do momento em que foram criadas dimensões perceptivas.

No que tange a influência das variáveis ambientais no desempenho, comprovou-se que apenas a temperatura do ar, umidade relativa e a iluminância apresentaram significância. A primeira foi mais determinante, enquanto que as duas últimas apresentaram menor influência.

Dessa maneira, os estudantes submetidos à temperatura do ar entre 22.4°C e 24.7°C apresentaram a chance de o desempenho aumentar em cerca de 74,20% se comparar com estudantes que estavam em ambientes com as mesmas características, mas a variação da temperatura do ar não se encontrava no mesmo intervalo acima. Além disso, alunos submetidos a faixas de temperatura do ar mais altas tenderam a responder o teste mais rapidamente.

Com relação as outras variáveis, o aumento de 1% da Umidade Relativa implicou na chance de o desempenho aumentar em 3,6%; e o aumento da

iluminação em um lux implicou na chance de o desempenho aumentar em 0,3%.

Esses resultados indicam que variáveis térmica e lumínica apresentaram relação com desempenho. Tais resultados estão alinhados com os encontrados sobre a influência da percepção ambiental no desempenho, em que se identificou que as dimensões preferência térmica e aspectos lumínicos apresentaram relação com o tempo de resposta do teste aplicado e o número total de acertos do teste.

Observa-se que através de uma análise perceptiva identificam-se quais são as principais variáveis que influenciam no bem-estar e no desempenho dos ocupantes. Logo, análises subjetivas mais precisas, com um maior número de questionamentos e utilizando-se métodos estatísticos com abrangência linear e não-linear permitem que se tenham informações mais precisas.

A compreensão dos aspectos subjetivos torna as análises mais fidedignas, pois levam em consideração a opinião dos usuários, que expressam nas respostas

todo processo de ambientação e aclimatação que trazem consigo. Quando são desenvolvidas apenas análises objetivas, esses aspectos não são levados em consideração e as análises distanciam um pouco da realidade.

Os resultados aqui encontrados podem ser considerados de grande valia para os gestores educacionais, pois mostram que as variáveis ambientais e a opinião dos estudantes influenciam diretamente no desempenho. Esse livro em associação com outras pesquisas expandem a literatura científica dessa temática, aumentando o fluxo de informações, com análises precisas e respaldadas pela literatura, que tendem a otimizar o processo de tomada de decisão dentro dos ambientes de ensino.

REFERÊNCIAS

ANDRIOLA, W. B. Avaliação do raciocínio verbal em estudantes do 2º grau. **Estudos de Psicologia**, v.2, p.277-285, 1997.

ANDRIOLA, W. B. ; CAVALCANTE L. R. Avaliação do raciocínio abstrato em estudantes do ensino médio. **Estudos de Psicologia**, v.4, p.23-37, 1999.

AL-HUBAIL, J.; AL-TEMEEMI, A.-S. Assessment of school building air quality in a desert climate. **Building and Environment**, v. 94, p. 569–579, 1 dez. 2015a.

AL-HUBAIL, J.; AL-TEMEEMI, A. S. Assessment of school building air quality in a desert climate. **Building and Environment**, v. 94, p. 569–579, 2015b.

Alcobia, C. **Ergonomia Ambiental em Veículos**. Dissertação para Doutorado em Ciências de Engenharia Mecânica (Aerodinâmica). Faculdade de Ciência e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Departamento de Engenharia Mecânica, Coimbra, 2016.

ALMEIDA, I. T. A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto. **Universidade de São Paulo**, p. 194, 1999.

ALMEIDA, L. S.; NASCIMENTO, E.; LIMA, A. O. F.; VASCONCELOS, A. G.; AKAMA, C.T.; SANTOS, M.T. Bateria de provas de raciocínio (bpr-5): estudo exploratório em alunos universitários. **Avaliação Psicológica**, v.9, n.2, 2010.

ALMEIDA, L. S.; LEMOS, G. C. Aptidões cognitivas e rendimento acadêmico: A validade preditiva dos testes de inteligência. **Psicologia, Educação e Cultura** Aptidões cognitivas e rendimento acadêmico: A validade preditiva dos testes de inteligência, vol. IX, p.277-289, 2005.

ALMEIDA, L. S.; PRIMI, R. Perfis de capacidades cognitivas na bateria de provas de raciocínio (BPR-5). **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 8, n. 2, p. 135-144, dez. 2004.

ALMEIDA, R. M. S. F.; DE FREITAS, V. P. Indoor environmental quality of classrooms in Southern European climate. **Energy and Buildings**, v. 81, p. 127-140, 2014.

ASHRAE 55. Thermal environmental conditions for human occupancy. **American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers Inc.** Atlanta, GA, USA, 2004.

ANVISA. Resolução nº 899. **Agência Nacional de Vigilância Sanitária**, p. 1-15, 2003.

ARAÚJO, S. A. Perda auditiva induzida pelo ruído em trabalhadores de metalúrgica. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, v. 68, n. 1, p. 47-52, 2002.

ARBEX, M. A. et al. A poluição do ar e o sistema respiratório. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 38, n. 5, p. 643-655, 2012.

ARGUNHAN, Z.; AVCI, A. S. Statistical Evaluation of Indoor Air Quality Parameters in Classrooms of a

University. **Advances in Meteorology**, v. 2018, p. 1–10, 18 mar. 2018.

ASADI, I.; HUSSEIN, I.; PALANISAMY, K. Indoor Environmental Quality (IEQ) Acceptance of Air Conditioned Buildings in Malaysia: Case Study of Universiti Tenaga Nasional. **Advanced Materials Research**, v. 953–954, p. 1513–1519, 2014.

ASADI, I.; MAHYUDDIN, N.; SHAFIGH, P. A review on indoor environmental quality (IEQ) and energy consumption in building based on occupant behavior. **Facilities**, vol.35, p.684-695, 2017.

ASIF, A.; ZEESHAN, M.; JAHANZAIB, M. Indoor temperature, relative humidity and CO2 levels assessment in academic buildings with different heating, ventilation and air-conditioning systems. **Building and Environment**, v. 133, n. January, p. 83–90, 2018.

ASIYAI, R. Students' Perception of the Condition of Their Classroom Physical Learning Environment and Its Impact on Their Learning and Motivation. **College Student Journal**, v. 48, n. n4, p. 716–726, 2014.

ASMAR, M. EL; CHOKOR, A.; SROUR, I. Are Building Occupants Satisfied with Indoor Environmental Quality of Higher Education Facilities? **Energy Procedia**, v. 50, p. 751–760, 2014.

ASTOLFI, A.; PELLEREY, F. Subjective and objective assessment of acoustical and overall environmental quality in secondary school classrooms. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 123, n. 1, p.

163–173, 4 jan. 2008.

BAI, R.; LAM, J. C. K.; LI, V. O. K. A review on health cost accounting of air pollution in China. **Environment International**, v. 120, p. 279–294, 1 nov. 2018.

BAKÓ-BIRÓ, ZS.; CLEMENTS-CROOME, D.J.; KOCHHAR, N.; AWBI, H.B.; WILLIAMS, M. J. Ventilation rates in schools and pupils' performance. **Building and Environment**, v. 48, p. 215–223, fev. 2012.

BARKMANN, C.; WESSOLOWSKI, N.; SCHULTE-MARKWORT, M. Applicability and efficacy of variable light in schools. **Physiology and Behavior**, v. 105, n. 3, p. 621–627, 2012a.

BARKMANN, C.; WESSOLOWSKI, N.; SCHULTE-MARKWORT, M. Applicability and efficacy of variable light in schools. **Physiology & Behavior**, v. 105, n. 3, p. 621–627, 1 fev. 2012b.

BATIZ, E. C. et al. Avaliação do conforto térmico no aprendizado: estudo de caso sobre influência na atenção e memória. **Production**, v. 19, n. 3, p. 477–488, 2009.

BELL, P. A. Effects of Noise and Heat Stress on Primary and Subsidiary Task Performance. **Human Factors: The Journal of Human Factors and Ergonomics Society**, v. 20, n. 6, p. 749–752, 1978.

BELLIA, L.; PEDACE, A.; BARBATO, G. Lighting in educational environments: An example of a complete analysis of the effects of daylight and electric light on occupants. **Building and Environment**, v. 68, p. 50–

65, 1 out. 2013.

BERNARDI, N.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K. Environmental comfort in school buildings: A case study of awareness and participation of users. **Environment and Behavior**, v. 38, n. 2, p. 155–172, 2006.

BESS, F. H.; DODD-MURPHY, J.; PARKER, R. A. Children with minimal sensorineural hearing loss: prevalence, educational performance, and functional status. **Ear and hearing**, v. 19, n. 5, p. 339–54, out. 1998.

BINS ELY, V.; TURKIENICZ, B. Método da grade de atributos: avaliando a relação entre usuário e ambiente. **Ambiente Construído**, v. 5, n. Jun. 2005, p. 77–88, 2005.

BLUYSSSEN, P. M. Towards new methods and ways to create healthy and comfortable buildings. **Building and Environment**, v. 45, n. 4, p. 808–818, 2010.

BOWMAN, J. S.; VON BECKH, H. J. Physiologic and performance measurements in simulated airborne combined stress environments. **Aviation Space and Environmental Medicine**, v. 50, n. 6, p. 604–608, 1979.

BRASIL. Norma Regulamentadora nº 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. **Ministério do Trabalho e Emprego**, n. 9, p. 3–6, 2014.

BRICKUS, L. S. R.; DE, F. R.; NETO, A. A qualidade do ar de interiores e a química. **Química Nova**, v.22, p.65-74, 1999.

BURATTI, C.; RICCIARDI, P. Adaptive analysis of thermal comfort in university classrooms: Correlation between experimental data and mathematical models. **Building and Environment**, v. 44, n. 4, p. 674–687, abr. 2009.

CAO, B. et al. Field study of human thermal comfort and thermal adaptability during the summer and winter in Beijing. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 5, p. 1051–1056, maio 2011.

CASTILLA, N. et al. Subjective assessment of university classroom environment. **Building and Environment**, v. 122, p. 72–81, 2017.

CAVALEIRO RUFO, J. et al. Indoor air quality and atopic sensitization in primary schools: A follow-up study. **Porto Biomedical Journal**, v. 1, n. 4, p. 142–146, 2016.

CENA, K.; DE DEAR, R. Thermal comfort and behavioural strategies in office buildings located in a hot-arid climate. **Journal of Thermal Biology**, v. 26, n. 4–5, p. 409–414, set. 2001.

CHUNG, T. M.; BURNETT, J. Lighting quality surveys in office premises. **Indoor and Built Environment**, v. 9, n. 6, p. 335–341, 2000.

CONCEIÇÃO, E. Z. E.; LÚCIO, M. M. J. R. Evaluation of thermal comfort conditions in a classroom equipped with radiant cooling systems and subjected to uniform convective environment. **Applied Mathematical Modelling**, v. 35, n. 3, p. 1292–1305, 2011.

CORDEIRO, G. M.; DEMÉTRIO, C. G. B. **Modelos**

Lineares Generalizados e Extensões. Piracicaba: USP, 2008.

CORGNATI, S. P.; ANSALDI, R.; FILIPPI, M. Thermal comfort in Italian classrooms under free running conditions during mid seasons: Assessment through objective and subjective approaches. **Building and Environment**, v. 44, n. 4, p. 785–792, 2009a.

CORGNATI, S. P.; ANSALDI, R.; FILIPPI, M. Thermal comfort in Italian classrooms under free running conditions during mid seasons: Assessment through objective and subjective approaches. **Building and Environment**, v. 44, p. 785–792, 2009b.

CUI, W. et al. Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance. **Building and Environment**, v.68, p. 114-122, 2013.

DA GRAÇA, V. A. C.; KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; PETRECHE, J. R. D. An evaluation method for school building design at the preliminary phase with optimisation of aspects of environmental comfort for the school system of the State São Paulo in Brazil. **Building and Environment**, v. 42, n. 2, p. 984–999, 2007.

DAISEY, J. M.; ANGELL, W. J.; APTE, M. G. Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: An analysis of existing information. **Indoor Air**, v.13, p.53-64, 2003.

DAMÁSIO, B. F. Contribuições da Análise Fatorial Confirmatória Multigrupo (AFCMG) na avaliação de invariância de instrumentos psicométricos. **Psico-USF**,

v.18, n.2, p.211-220, 2013.

DASCALAKI, E. G. et al. Indoor environmental quality in Hellenic hospital operating rooms. **Energy and Buildings**, v. 41, n. 5, p. 551–560, 2009.

DE ABREU-HARBICH, L. V.; CHAVES, V. L. A.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. Evaluation of strategies that improve the thermal comfort and energy saving of a classroom of an institutional building in a tropical climate. **Building and Environment**, v. 135, n. March, p. 257–268, 2018a.

DE ABREU-HARBICH, L. V.; CHAVES, V. L. A.; BRANDSTETTER, M. C. G. O. Evaluation of strategies that improve the thermal comfort and energy saving of a classroom of an institutional building in a tropical climate. **Building and Environment**, 2018b.

DENISE, L. et al. **Modelagem com Equações Estruturais: Princípios Básicos e Aplicações**. Salvador, 2012.

DIAS PEREIRA, L. et al. Assessment of indoor air quality and thermal comfort in Portuguese secondary classrooms: Methodology and results. **Building and Environment**, v. 81, p. 69–80, 2014.

DIAZ LOZANO PATINO, E.; SIEGEL, J. A. Indoor environmental quality in social housing: A literature review. **Building and Environment**, v. 131, p. 231–241, 2018.

DJONGYANG, NOËL;TCHINDA, RENÉ;NJOMO, D. Thermal comfort: A review paper. **Renewable and**

Sustainable Energy Reviews, v. 14, n. 9, p. 2626–2640, dez. 2010.

DJONGYANG, N.; TCHINDA, R.; NJOMO, D. Thermal comfort: A review paper. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 14, n. 9, p. 2626–2640, 2010.

DOBSON, A. J.; BARNETT, A. G. **An Introduction to Generalized Linear Models**. New York, Chapman and Hall/CRC, 2008.

DORIZAS, P. V. et al. Correlation of particulate matter with airborne fungi in schools in Greece. **International Journal of Ventilation**, v. 12, n. 1, p. 1–15, 2013.

DUL, J.; WEERDMEESTER, B. **Ergonomia prática**. Edgard Blücher, 2004.

DUNCKO, R. et al. Working memory performance after acute exposure to the cold pressor stress in healthy volunteers. **Neurobiology of Learning and Memory**, v.91, n.4, p.377-381, 2009.

DUNN, R. et al. Light up Their Lives: A Review of Research on the Effects of Lighting on Children's Achievement and Behavior. **The Reading Teacher** , v.38, n.9, p.863 -869, 1985.

E VASCONCELOS, C. S. F.; VILLAROUÇO, V.; SOARES, M. M. Avaliação Ergonômica do Ambiente Construído: Estudo de caso em uma biblioteca universitária. **Revista Ação Ergonômica**, v. 4, n. 1, 2011.

ETTINGER, K. **Direção e Produtividade. Direção, Organização e Administração de Empresas. Manual de Ensino 1**. Manual de Ensino 1. 1ª ed. São Paulo:

IBRASA, 1964.

FABBRI, K. Thermal comfort evaluation in kindergarten: PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire. **Building and Environment**, v. 68, p. 202–214, out. 2013.

FARIA, L.; PEPI, A.; ALESI, M. Concepções pessoais de inteligência e auto-estima: Que diferenças entre estudantes portugueses e italianos? **Análise Psicológica**, v.22, n.4, p.747 - 764, 2004.

FÁVERO, L. P. L.; BELFIORE, P. P.; SILVA, F.L.; CHAN, B.L. **Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões**. [S.l: s.n], 2009.

FELICETTI, V. L. **Comprometimento do estudante: um elo entre aprendizagem e inclusão social na qualidade da educação superior**. Tese (Doutorado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FERREIRA, M. D. L. **Ciclos de comutação de uma lâmpada até ao seu fim de vida-Investigação, construção e implementação de uma ferramenta de análise**. Dissertação (Mestrado em Ciências da engenharia e tecnologias) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2015.

FIGUEIRA, M. M. A. Assistência fisioterapia à criança portadora de cegueira congênita. **Revista Benjamin Constant**, Rio de Janeiro, n.5, p.8 - 23, 1996,

FLEMING, D. B.; GRIFFIN, M. J. A study of the subjective equivalence of noise and whole-body vibration.

Journal of Sound and Vibration, v. 42, n. 4, p. 453–461, 1975.

FRONTCZAK, M.; WARGOCKI, P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments. **Building and Environment**, v. 46, n. 4, p. 922–937, 2011.

FUOCO, F. et al. Indoor Air Quality in Naturally Ventilated Italian Classrooms. **Atmosphere**, v. 6, n. 11, p. 1652–1675, 2 nov. 2015.

GATTO PEREIRA, J. L. et al. Poluição Do Ar Por Material Particulado Em Área Intraurbana No Rio De Janeiro: Alguns Aspectos Metodológicos. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 10, n. 3, 2015.

GENTILE, N. et al. A field study of fluorescent and LED classroom lighting. **Lighting Research & Technology**, v. 50, n. 4, p. 631–650, 25 jun. 2016.

GRANDJEAN, E. (ETIENNE). **Fitting the task to the man: a textbook of occupational ergonomics**. [s.l.] Taylor & Francis, 1988.

GRETHER, W. F. Vibration and Human Performance. **Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society**, v. 13, n. 3, p. 203–216, 25 jun. 1971.

GUSKI, R.; FELSCHER-SUHR, U.; SCHUEMER, R. The concept of noise annoyance: How international experts see it. **Journal of Sound and Vibration**, v. 223, n. 4, p. 513–527, 1999.

HADDAD, S.; OSMOND, P.; KING, S. Revisiting thermal

comfort models in Iranian classrooms during the warm season. **Building Research and Information**, v. 45, n. 4, p. 457–473, 2017.

HAIR JR., J. F. et al. **Análise Fatorial Análise Multivariada de Dados**. [S.I: s.n], 2005.

HALDI, F.; ROBINSON, D. On the unification of thermal perception and adaptive actions. **Building and Environment**, v.45, n.11, p. 2440 - 2457, 2010.

HARRINGTON, D. **Confirmatory Factor Analysis**. New York, Oxford University Press, 2009.

HATHAWAY, W. E. Effects of School Lighting on Physical Development and School Performance. **The Journal of Educational Research**, v.88, p.228-242, 2010.

HAVERINEN-SHAUGHNESSY, U. et al. An assessment of indoor environmental quality in schools and its association with health and performance. **Building and Environment**, v. 93, p. 35–40, 1 nov. 2015.

HEDGE, A. Where are we in understanding the effects of where we are? **Ergonomics**, v. 43, n. 7, p. 1019–29, 2000.

HILL, M. C.; EPPS, K. K. Does Physical Classroom Environment Affect Student Performance , Student Satisfaction , and Student Evaluation of Teaching in the College Environment ? **Evaluation**, v. 14, n. 1, p. 15–20, 2009.

HIRASHIMA, S. Q. DA S.; ASSIS, E. S. DE; NIKOLOPOULOU, M. Daytime thermal comfort in urban

spaces: A field study in Brazil. **Building and Environment**, v. 107, p. 245–253, 2016.

HOQUE, S.; WEIL, B. THE RELATIONSHIP BETWEEN COMFORT PERCEPTIONS AND ACADEMIC PERFORMANCE IN UNIVERSITY CLASSROOM BUILDINGS. **Journal of Green Building**, v. 11, n. 1, p. 108–117, 1 mar. 2016.

HUANG, L. et al. A study on the effects of thermal, luminous, and acoustic environments on indoor environmental comfort in offices. **Building and Environment**, v. 49, n. 1, p. 304–309, 2012a.

HUMPHREYS, R. M. A. An adaptive approach to the thermal comfort of office workers in North West Pakistan. **Renewable Energy**, v. 5, n. 5–8, p. 985–992, ago. 1994.

HUNDLEBY, J. D.; NUNNALLY, J. Psychometric Theory. **American Educational Research Journal**, 1968.

HUSSIN, M.; ISMAIL, M.R.; AHMAD, M. S. Subjective Perception of Thermal Comfort Study in Air-conditioned University Laboratories. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 91, p. 192–200, out. 2013.

HWANG, R.-L.; LIN, T.-P.; KUO, N.-J. Field experiments on thermal comfort in campus classrooms in Taiwan. **Energy and Buildings**, v. 38, n. 1, p. 53–62, jan. 2006.

HYGGE, S. Classroom experiments on the effects of different noise sources and sound levels on long-term recall and recognition in children. **Applied Cognitive Psychology**, v. 17, n. 8, p. 895–914, 2003.

HYGGE, S.; KNEZ, I. EFFECTS OF NOISE, HEAT AND INDOOR LIGHTING ON COGNITIVE PERFORMANCE AND SELF-REPORTED AFFECT. **Journal of Environmental Psychology**, v. 21, n. 3, p. 291–299, 1 set. 2001.

IAZZETTA, F. **Tutoriais de Áudio e Acústica**. Departamento de Música da ECA-USP. Disponível em <http://www.eca.usp.br/prof/iazzetta/tutor/>. Acesso em 20/01/2019.

IGNÁCIO, S. A. Importância da Estatística para o Processo de Conhecimento e Tomada de Decisão. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n.118, 2010.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. Editora Edgard Blucher, 2ª ed., São Paulo, 2005.

IIDA, I. **Ergonomia: projeto e produção**. Editora Edgard Blucher, 3ª ed. São Paulo: 2016.

INDRAGANTI, M. Adaptive use of natural ventilation for thermal comfort in Indian apartments. **Building and Environment**, v. 45, n. 6, p. 1490–1507, jun. 2010.

International Ergonomics Association. **Ergonomics**, v. 6, n. 1, p. 108, 1963.

INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION (IEA). **Definition and Domains of Ergonomics**. Disponível em: <<https://www.iea.cc/whats/>>. Acesso em: 29 jun. 2018.

ISMAILA, S. O.; SAMUEL, T. M. Human-centered engineering: The challenges of Nigerian engineer.

Journal of Engineering, Design and Technology, v.12, n.2, p.195-208, 2014.

JABER, A. R.; DEJAN, M.; MARCELLA, U. The Effect of Indoor Temperature and CO2 Levels on Cognitive Performance of Adult Females in a University Building in Saudi Arabia. **Energy Procedia**, v.122, p.451-456, 2017.

JALIL, N. A. A.; DIN, N. B. C.; DAUD, N. I. M. K. A literature analysis on acoustical environment in Green Building design strategies. **Applied Mechanics and Materials**, v.471, p.138-142, 2013.

JAMALUDIN, N. M.; MAHYUDDIN, N.; AKASHAH, F. W. Assessment of Indoor Environmental Quality (IEQ): Students Well-Being in University Classroom with the Application of Landscaping. **MATEC Web of Conferences**, v. 66, n.1, 2016.

JIANG, J. et al. A study on pupils' learning performance and thermal comfort of primary schools in China. **Building and Environment**, v. 134, p. 102–113, 15 abr. 2018.

JOHNSON, D. L. et al. Indoor air quality in classrooms: Environmental measures and effective ventilation rate modeling in urban elementary schools. **Building and Environment**, v. 136, p. 185–197, 2018.

JONES, A. P. Indoor air quality and health. **Atmospheric Environment**, v. 33, n. 28, p. 4535–4564, 1 dez. 1999.

JURADO, S. R.; BANKOFF, A. D. P.; SANCHEZ, A. Indoor

air quality in Brazilian universities. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 11, n. 7, p. 7081–7093, 2014.

KALIMERI, K. K. et al. Indoor air quality investigation of the school environment and estimated health risks: Two-season measurements in primary schools in Kozani, Greece. **Atmospheric Pollution Research**, v. 7, n. 6, p. 1128–1142, 1 nov. 2016.

KAWADA, T. Noise and health--sleep disturbance in adults. **Journal of occupational health**, v. 53, n. 6, p. 413–6, 2011.

KIM, J.; DE DEAR, R. Nonlinear relationships between individual IEQ factors and overall workspace satisfaction. **Building and Environment**, 2012.

KLATTE, M.; LACHMANN, T.; MEIS, M. Effects of noise and reverberation on speech perception and listening comprehension of children and adults in a classroom-like setting. **Noise and Health**, v. 12, n. 49, p. 270, 2010.

KORSAVI, S. S.; ZOMORODIAN, Z. S.; TAHSILDOOST, M. Visual comfort assessment of daylit and sunlit areas: A longitudinal field survey in classrooms in Kashan, Iran. **Energy and Buildings**, v. 128, p. 305–318, 2016.

KRAWCZYK, D. A. et al. CO₂ concentration in naturally ventilated classrooms located in different climates—Measurements and simulations. **Energy and Buildings**, v. 129, p. 491–498, 2016.

LAN, L. et al. Neurobehavioral approach for evaluation

of office workers' productivity: The effects of room temperature. **Building and Environment**, 2009.

LAN, L.; LIAN, Z.; PAN, L. The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings. **Applied Ergonomics**, v. 42, n. 1, p. 29–36, 2010.

LAN, L.; WARGOCKI, P.; LIAN, Z. Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort. **Energy and Buildings**, v. 43, n. 5, p. 1057–1062, 1 maio 2011b.

LARRA, M. F. et al. Heart rate response to post-learning stress predicts memory consolidation. **Neurobiology of Learning and Memory**, v. 109, p.74-81, 2014.

LEE, M. C. et al. Student learning performance and indoor environmental quality (IEQ) in air-conditioned university teaching rooms. **Building and Environment**, v. 49, n. 1, p. 238–244, 2012.

LEMOS, G. C. E. M. P. et al. **O impacto das variáveis cognitivas no rendimento escolar**. X Congresso Internacional Galego-Português de Psiopedagogia, p.4524 - 4535. Braga: Universidade do Minho.

LEMOS, G. et al. Inteligência e rendimento escolar: análise da sua relação ao longo da escolaridade. **Revista Portuguesa de Educação**, v.21, n.1, p.83-99, 2008.

LEVAK, K.; HORVAT, M.; DOMITROVIC, H. Effects of Noise on Humans. **50th International Symposium ELMAR-2008**, p. 333–336, 2008.

LIU, Y. et al. The indoor thermal environment of rural school classrooms in Northwestern China. **Indoor and Built Environment**, v. 26, n. 5, p. 662–679, 7 jun. 2017.

LOFTNESS, V. et al. Elements that contribute to healthy building design. **Environmental health perspectives**, v. 115, n. 6, p. 965–70, jun. 2007.

LOMOV, B.; VENDA, V. **La Interrelacion Hombre Maquina En los Sistemas de Informacion**. Moscou: Progreso, 1983.

LOURENÇO, A. A.; PAIVA, M. O. A. DE. A motivação escolar e o processo de aprendizagem. **Ciências Cognição**, v. 15, n. 2, p. 132–141, 2010.

MADUREIRA, J. et al. Indoor air quality in schools and its relationship with children’s respiratory symptoms. **Atmospheric Environment**, v. 118, p. 145–156, 1 out. 2015.

MAGALHÃES, L. C. **Estudo do material particulado atmosférico e metais associados às partículas totais em suspensão na cidade de ouro preto, mg**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Minas Gerais: Engenharia Ambiental, Ouro Preto: Minas Gerais, 2005.

MAGALHÃES, M. R. **A arquitectura paisagista: morfologia e complexidade**. Editorial Estampa, Lisboa, 525 pp., 2001.

MAK, C. M.; LUI, Y. P. The effect of sound on office productivity. **Building Services Engineering Research and Technology**, v. 33, n. 3, p. 339–345,

2012.

MALLICK, F. H. Thermal comfort and building design in the tropical climates. **Energy and Buildings**, v. 23, n. 3, p. 161–167, mar. 1996.

MANIGRASSO, M. et al. Ultrafine particles in domestic environments: Regional doses deposited in the human respiratory system. **Environment International**, v. 118, p. 134–145, 2018.

MARCHAND, G. C. et al. The impact of the classroom built environment on student perceptions and learning. **Journal of Environmental Psychology**, v. 40, p. 187–197, 1 dez. 2014.

MARCHESAN, I. Q. **Avaliação e terapia dos problemas da respiração**. Fundamentos em fonoaudiologia: aspectos clínicos da motricidade oral. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, p.23-36, 1998.

MARQUES, R.; DUTRA, I. Redes Bayesianas: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações. **Coppe Sistemas–Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2002.

MÁSCULO, F. S.; VIDAL, M. C. **Ergonomia - Trabalho Adequado e Eficiente**. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

MASINI, E. F. S. A educação do portador de deficiência visual: as perspectivas do vidente e do não vidente. **Aberto**, p. 61–76, 1994.

MENDELL, M. J.; HEATH, G. A. Do indoor pollutants and thermal conditions in schools influence student performance? A critical review of the literature.

Indoor Air, v. 15, n. 1, p. 27–52, jan. 2005.

MENDES, R. **Patologia do trabalho**. 3^o Edição ed. São Paulo: Editora Atheneu 2013a.

MIGUEL, A. S. S. . **Manual de Higiene e Seguranca do Trabalho**. 13^a Edição ed. Porto: [s.n.].

MIGUEL, S. R.; SÉRGIO, A. **Manual de Higiene e Seguranca do Trabalho**. 13^a ed. Porto, Porgugal: 2012.

MINAYO, M. C. DE S.; SANCHES, O. Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade? **Cadernos de Saúde Pública**, v. 9, n. 3, p. 237–248, 1993.

MIRANDA, I. K. A ergonomia no sistema organizacional ferroviário. **Revista brasileira de saúde ocupacional**, v.8, p. 63, -70, 1980.

MISHRA, A. K. et al. Analysing thermal comfort perception of students through the class hour, during heating season, in a university classroom. **Building and Environment**, v. 125, p. 464–474, 15 nov. 2017.

MISHRA, A. K.; RAMGOPAL, M. Thermal comfort field study in undergraduate laboratories - An analysis of occupant perceptions. **Building and Environment**, v. 76, p. 62–72, jun. 2014.

MONTEIRO, J. K.; ANDRADE, C. G. Avaliação do raciocínio abstrato, numérico e espacial em adolescentes surdos. **Aletheia**, n.21, p.93-99, 2005.

MORAES, A. P. DE. **Qualidade do ar interno com ênfase na concentração de aerodispersóides nos**

edifícios. São Paulo: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 28 jun. 2006.

MORS, S. TER et al. Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts. **Building and Environment**, v. 46, n. 12, p. 2454–2461, dez. 2011.

MUMOVIC, D. et al. Winter indoor air quality, thermal comfort and acoustic performance of newly built secondary schools in England. **Building and Environment**, v. 44, n. 7, p. 1466–1477, jul. 2009.

NAGANO, K.; HORIKOSHI, T. New comfort index during combined conditions of moderate low ambient temperature and traffic noise. **Energy and Buildings**, v.37, n.3, p. 287-294, 2005.

NEMATCHOUA, MODESTE KAMENI;TCHINDA, RENÉ;OROSA, J. A. Adaptation and comparative study of thermal comfort in naturally ventilated classrooms and buildings in the wet tropical zones. **Energy and Buildings**, v. 85, p. 321–328, dez. 2014.

NIEMELÄ, R. et al. The effect of air temperature on labour productivity in call centres - A case study. **Energy and Buildings**, v.34, n.8, p.759-764, 2002.

NIMLYAT, P. S.; KANDAR, M. Z.; SEDIADI, E. Multitrait-multimethod analysis of subjective and objective methods of indoor environmental quality assessment in buildings. **Building Simulation**, v. 11, n. 2, p. 347–358, 23 abr. 2018.

NIX, E. et al. Indoor Environmental Quality of Low-Income Housing in Delhi, India: Findings from a Field Study. **Energy Procedia**, v. 78, p. 495–500, 1 nov. 2015.

OLE FANGER, P.; TOFTUM, J. Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. **Energy and Buildings**, v. 34, n. 6, p. 533–536, jul. 2002.

OLIVEIRA, C. R. D.; ARENAS, G. W. N. Occupational exposure to noise pollution in anesthesiology. **Revista brasileira de anesthesiologia**, v. 62, n. 2, p. 253–61, 2012.

PÄÄKKÖNEN, R. et al. Acoustics and new learning environment - A case study. **Applied Acoustics**, v. 100, p. 74–78, 2015.

PAIS, A. M. G. Condições de iluminação em ambiente de escritório: influência no conforto visual. Dissertação (Mestrado), Universidade Técnica de Lisboa, 2011.

PARSONS, K. C. Environmental ergonomics: A review of principles, methods and models. **Applied Ergonomics**, v.31, n.6, p. 581 - 594, 2000.

PELLERIN, N.; CANDAS, V. Combined effects of temperature and noise on human discomfort. **Physiology and Behavior**, v.78, n.1, p.99 - 106, 2003.

PENG, J.; ZHANG, H.; WANG, D. Measurement and analysis of teaching and background noise level in classrooms of Chinese elementary schools. **Applied Acoustics**, v. 131, p. 1–4, 1 fev. 2018.

PENG, Z.; DENG, W.; TENORIO, R. Investigation of Indoor Air Quality and the Identification of Influential Factors at Primary Schools in the North of China. **Sustainability**, v. 9, n. 7, p. 1180, 2017.

PILATI, R.; LAROS, J. A. Modelos de equações estruturais em psicologia: Conceitos e aplicações. **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, 2007.

PISTORE, L. et al. Assessment of the IEQ in Two High Schools by Means of Monitoring, Surveys and Dynamic Simulation. **Energy Procedia**, v. 82, p. 519–525, 1 dez. 2015.

POPE III, C. A.; DOCKERY, D. W. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 56, p. 709–742, 2006.

PRIMI, R. Inteligência: Avanços nos Modelos Teóricos e nos Instrumentos de Medida. **Avaliação Psicológica**, v. 1, n. 1, p. 67–77, 2003.

PRIMI, R. et al. Intelligence, age and schooling: data from the Battery of Reasoning Tests (BRT-5). **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 25, n. 1, p. 79–88, 2012.

PRIMI, R.; ALMEIDA, L. S. Estudo de Validação da Bateria de Provas de Raciocínio (BPR-5). **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 16, n. 2, p. 165–173, 2000.

PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. 2ª ed. Feevale,

Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul: 2009.

PUTEH, MARZITA;IBRAHIM, MOHD HAIRY;ADNAN, MAZLINI;CHE'AHMAD, CHE NIDZAM;NOH, N. M. Thermal Comfort in Classroom: Constraints and Issues. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 46, p. 1834–1838, 2012.

RAMPRASAD, V.; SUBBAIYAN, G. Perceived indoor environmental quality of classrooms and outcomes: a study of a higher education institution in India. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 13, n. 3, p. 202–222, 4 maio 2017.

REBELO, F. **Ergonomia no Dia a Dia**. 2ª ed. Lisboa: Edições Sílabo Ltda, 2017.

RIBEIRO, C. Metacognição: Um Apoio ao Processo de Aprendizagem. **Psicologia: Reflexão e Crítica**, v. 16, n. 1, p. 109–116, 2003.

RICCIARDI, P.; BURATTI, C. Environmental quality of university classrooms: Subjective and objective evaluation of the thermal, acoustic, and lighting comfort conditions. **Building and Environment**, v. 127, p. 23–36, 1 jan. 2018.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social, métodos e técnicas**. São Paulo: Editora Atlas, 2010.

RUI, L.R.; STEFFANI, M.H. **Física: Som e audição humana**. XVII Simpósio Nacional de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em:

<http://www.cienciamao.uspb.br/dados/snef/_fisicas

omeaudicaohumana.trabalho.pdf> Acesso em: 14 de março de 2019.

RUSSO, I. C. P. (IÊDA C. P. **Acústica e psicoacústica : aplicadas à fonoaudiologia.** [s.l.] Editora Lovise, 1993.

SAKHARE, V. V.; RALEGAONKAR, R. V. Indoor environmental quality: Review of parameters and assessment models. **Architectural Science Review**, v.57, n.2, p.147 -154, 2014.

SARBU, I.; PACURAR, C. Experimental and numerical research to assess indoor environment quality and schoolwork performance in university classrooms. **Building and Environment**, v. 93, p. 141–154, nov. 2015a.

SARBU, I.; PACURAR, C. Experimental and numerical research to assess indoor environment quality and schoolwork performance in university classrooms. **Building and Environment**, v. 93, p. 141–154, 1 nov. 2015b.

SCANNELL, L. et al. The Role of Acoustics in the Perceived Suitability of, and Well-Being in, Informal Learning Spaces. **Environment and Behavior**, v. 48, n. 6, p. 769–795, 2014.

SCHULZ, J. Lighting and the learning space. **OSSC Bulletin**, v. 21, n. 2, p. 43, 1977.

SERGHIDES, D. K.; CHATZINIKOLA, C. K.; KATAFYGIOTOU, M. C. Comparative studies of the occupants' behaviour in a university building during

winter and summer time. **International Journal of Sustainable Energy**, v. 34, n. 8, p. 528–551, 2015.

SHAUGHNESSY, R. et al. Indoor environmental quality in schools and academic performance of students: Studies from 2004 to present. **IAQ Conference, Healthy and Sustainable Buildings**, Baltimore, USA, 2008.

SHIELD, B. et al. A survey of acoustic conditions and noise levels in secondary school classrooms in England. **The Journal of the Acoustical Society of America**, v. 137, n. 1, p. 177–188, 2015.

SHIELD, B. M.; DOCKRELL, J. E. The Effects of Noise on Children at School: A Review. **Building Acoustics**, v. 10, n. 2, p. 97–116, 2003.

SINGH, M. K. et al. Status of thermal comfort in naturally ventilated classrooms during the summer season in the composite climate of India. **Building and Environment**, v.128, p. 287 - 304, 2018.

SOARES, C. S. F. V. V. M. M. AVALIAÇÃO ERGONÔMICA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO : Estudo de caso em uma biblioteca universitária . **Ação Ergonômica**, v. 4, n. 1, p. 5–25, 2009.

SOUZA, L. F. N. I. DE. Estratégias de aprendizagem e fatores motivacionais relacionados. **Educar em Revista**, n. 36, p. 95–107, 2010.

SPENGLER, J.; SEXTON, K. Indoor air pollution: a public health perspective. **Science**, v. 221, n. 4605, p. 9–17, 1 jul. 1983.

STABILE, L. et al. Effect of natural ventilation and manual airing on indoor air quality in naturally ventilated Italian classrooms. **Building and Environment**, v. 98, p. 180–189, 1 mar. 2016.

STESKENS, P. W. M. H.; LOOMANS, M. G. L. C. Performance indicators for health, comfort and safety of the indoor environment. **Proceedings clima - 10th RHVA Word Congress**, 2010.

STEVANOVIĆ, Ž. Ž. et al. CFD simulations of thermal comfort in naturally ventilated primary school classrooms. **Thermal Science**, v. 20, 2016.

TELI, DESPOINA; JENTSCH, MARK F.; JAMES, P. A. B. Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. **Energy and Buildings**, v. 53, p. 166–182, out. 2012.

TELI, D.; JENTSCH, M. F.; JAMES, P. A. B. Naturally ventilated classrooms: An assessment of existing comfort models for predicting the thermal sensation and preference of primary school children. **Energy and Buildings**, v. 53, p. 166–182, 2012.

TER MORS, S. et al. Adaptive thermal comfort in primary school classrooms: Creating and validating PMV-based comfort charts. **Building and Environment**, v. 46, n. 12, p. 2454–2461, 2011.

THAM, K. W. Effects of temperature and outdoor air supply rate on the performance of call center operators in the tropics. **Indoor Air**, v.14, p.119-125, 2004.

THAM, K. W. Indoor air quality and its effects on humans—A review of challenges and developments in the last 30 years. **Energy and Buildings**, v. 130, p. 637–650, 2016.

THAM, K. W.; WILLEM, H. C. Room air temperature affects occupants' physiology, perceptions and mental alertness. **Building and Environment**, 2010.

TO, W. M.; MAK, C. M.; CHUNG, W. L. Are the noise levels acceptable in a built environment like Hong Kong? **Noise and Health**, v. 17, n. 79, p. 429–439, 2015.

TOFTUM, J. et al. Association between classroom ventilation mode and learning outcome in Danish schools. **Building and Environment**, v. 92, p. 494–503, 2015.

TREICHEL, A. J. School lights and problem pupils. **Science News**, v. 105, n. 16, p. 258–259, 1974.

TRICKETT, E. J.; MOOS, R. H. Social environment of junior high and high school classrooms. **Journal of Educational Psychology**, v. 65, n. 1, p. 93–102, 1973.

TROMPETTER, W. J. et al. The effect of ventilation on air particulate matter in school classrooms. **Journal of Building Engineering**, v. 18, p. 164–171, 1 jul. 2018.

TURKMAN, M. A. A.; SILVA, G. L. **Modelos Lineares Generalizados-da teorià a pràtica**. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://docs.ufpr.br/~taconeli/CE225/tp.pdf>>. Acesso em: 4 out. 2018.

TURUNEN, M. et al. Indoor environmental quality in school buildings, and the health and wellbeing of students. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 217, n. 7, p. 733–739, 2013.

UZELAC, A.; GLIGORIC, N.; KRKO, S. A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using Internet of Things. **Computers in Human Behavior**, v. 53, p. 427–434, 2015.

VAN DIJKEN, F.; VAN BRONSWIJK, J. E. M. H.; SUNDELL, J. Indoor environment and pupils' health in primary schools. **Building Research and Information**, v. 34, n. 5, p. 437–446, 2006.

VASCONCELOS, M. M. et al. Contribuição dos fatores de risco psicossociais para o transtorno de déficit de atenção/hiperatividade. **Arq Neuropsiquiatr**, v.63, n.1, p. 68- 74, 2005.

VILCEKOVA, S. et al. Indoor environmental quality of classrooms and occupants' comfort in a special education school in Slovak Republic. **Building and Environment**, v. 120, p. 29–40, 2017.

WALBERG, H. J.; ANDERSON, G. J. Classroom climate and individual learning. **Journal of Educational Psychology**, v. 59, n. 6 PART 1, p. 414–419, 1968.

WALDRIP, B. G.; FISHER, D. L. Identifying exemplary science teachers through their classroom interactions with students. **Learning Environments Research**, v. 6, n. 2, p. 157–174, 2003.

WANG, ZHAOJUN;LI, AIXUE;REN, JING;HE, Y. Thermal adaptation and thermal environment in university classrooms and offices in Harbin. **Energy and Buildings**, v. 77, p. 192–196, jul. 2014.

WANG, D. et al. Student responses to classroom thermal environments in rural primary and secondary schools in winter. **Building and Environment**, v. 115, p. 104–117, abr. 2017.

WANG, Z. A field study of the thermal comfort in residential buildings in Harbin. **Building and Environment**, v. 41, n. 8, p. 1034–1039, ago. 2006.

WARGOCKI, P. What are indoor air quality priorities for energy-efficient buildings? **Indoor and Built Environment**, v. 24, n. 5, p. 579–582, 2015.

WARGOCKI, P.; PORRAS-SALAZAR, J. A.; CONTRERAS-ESPINOZA, S. The relationship between classroom temperature and children's performance in school. **Building and Environment**, v.157, p.197 - 204, 2019.

WARGOCKI, P.; WYON, D. P. The effects of moderately raised classroom temperatures and classroom ventilation rate on the performance of schoolwork by children (RP-1257). **HVAC and R Research**, v. 13, n. 2, p. 193–220, 2007.

WHO. Health Effects of Particulate Matter: Policy implications for countries in eastern Europe, Caucasus and central Asia. **Journal of the Korean Medical Association**, v. 50, n. 2, p. 20, 2013.

WILSON, J. R. Fundamentals of ergonomics in theory

and practice. **Applied ergonomics**, v. 31, n. 6, p. 557–67, dez. 2000.

WILSON, J. R. Fundamentals of systems ergonomics/human factors. **Applied Ergonomics**, v. 45, n. 1, p. 5–13, jan. 2014.

WINTERBOTTOM, M.; WILKINS, A. Lighting and discomfort in the classroom. **Journal of Environmental Psychology**, v. 29, n. 1, p. 63–75, 1 mar. 2009.

WISNER, A. **Por Dentro do Trabalho: Ergonomia, método e técnica**. São Paulo: FTD/Oboré, 189 p., 1987.

WONG, N. H.; KHOO, S. S. Thermal comfort in classrooms in the tropics. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 4, p. 337–351, maio 2003.

WOOD, P. Confirmatory Factor Analysis for Applied Research. **The American Statistician**, v.62, 2008.

WHO, WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Comparative quantification of health risks: Global and Regional Burden of Disease Attributable to Selected Major Risk Factors**, 2004. Disponível em: <<http://www.who.int/publications/cra/en/>> Acesso em: 12/02/2019.

WU, Q.; HAO, Y.; LU, J. Air pollution, stock returns, and trading activities in China. **Pacific-Basin Finance Journal**, v. 51, p. 342–365, 1 out. 2018.

YANG, D.; MAK, C. M. An assessment model of classroom acoustical environment based on fuzzy

comprehensive evaluation method. **Applied Acoustics**, v. 127, p. 292–296, 2017.

YANG RAZALI, N. Y. et al. Concentration of particulate matter, CO and CO₂ in selected schools in Malaysia. **Building and Environment**, v. 87, p. 108–116, 2015a.

YANG RAZALI, N. Y. et al. Concentration of particulate matter, CO and CO₂ in selected schools in Malaysia. **Building and Environment**, v. 87, p. 108–116, 2015b.

YANG, W.; MOON, H. J. Combined effects of acoustic, thermal, and illumination conditions on the comfort of discrete senses and overall indoor environment. **Building and Environment**, v.148, p.623 - 633, 2019.

YANG, Z.; BECERIK-GERBER, B.; MINO, L. A study on student perceptions of higher education classrooms: Impact of classroom attributes on student satisfaction and performance. **Building and Environment**, v. 70, p. 171–188, 2013a.

YANG, Z.; BECERIK-GERBER, B.; MINO, L. A study on student perceptions of higher education classrooms: Impact of classroom attributes on student satisfaction and performance. **Building and Environment**, v. 70, p. 171–188, 1 dez. 2013b.

YOON, C.; LEE, K.; PARK, D. Indoor air quality differences between urban and rural preschools in Korea. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 18, n. 3, p. 333–345, 2011.

YUN, HYUNJUN; NAM, INSICK; KIM, JINMAN; YANG, JINHO; LEE, KYOUNGHO; SOHN, J. A field study of

thermal comfort for kindergarten children in Korea: An assessment of existing models and preferences of children. **Building and Environment**, v. 75, p. 182–189, maio 2014.

ZAKI, S. A. et al. Adaptive thermal comfort in university classrooms in Malaysia and Japan. **Building and Environment**, v. 122, p. 294–306, 2017a.

ZAKI, S. A. et al. Adaptive thermal comfort in university classrooms in Malaysia and Japan. **Building and Environment**, v. 122, p. 294–306, 2017b.

ZIMMERMAN, J. R. S. **Indoor Air Quality Guidelines for Pennsylvania Schools**. Pennsylvania Departmente of Health, Harrisburg, Pa, USA, 1999.

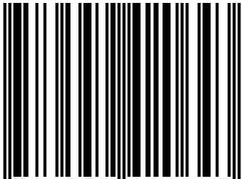
ZOMORODIAN, Z. S.; TAHSILDOOST, M.; HAFEZI, M. Thermal comfort in educational buildings: A review article. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.59, p. 895 - 906, 2016.

ZUHAIB, S. et al. An Indoor Environmental Quality (IEQ) assessment of a partially-retrofitted university building. **Building and Environment**, v. 139, p. 69–85, 2018.



Este livro foi diagramado pela
Editora UFPB em 2020.

ISBN 978-65-5942-064-3



9 786559 420643