

METODOLOGIA KANSEI ENGINEERING APLICADA A SISTEMAS DE AR CONDICIONADO

Vithor Hugo Costa da Silva – vithorhcosta@gmail.com

João Manoel Dias Pimenta – pimenta.joao@gmail.com

Universidade de Brasília, Departamento de Engenharia Mecânica, www.enm.unb.br

LaAR, Laboratório de Ar Condicionado e Refrigeração, www.facebook.com/UnB.LaAR

F2 - Qualidade Ambiental Interna: Ambiente Interno Saudável; Contaminantes.

Resumo. O presente artigo apresenta pesquisa inicial em Conforto Térmico buscando uma abordagem de adaptativa. Associado a isso, a aplicação da metodologia Kansei Engineering como forma de desenvolver melhores soluções de Conforto Térmico baseando-se não somente na percepção fisiológica do ser humano, mas também em suas sensações (5 sentidos) e emoções. Com base nessas duas abordagens, num primeiro momento, desenvolveu-se pesquisa base para então desenvolver questionários que abranjam tanto conceitos térmicos (PMV e PPD) como conceitos emocionais (psicologia ambiental, Kansei Engineering). A Engenharia Kansei, trabalha com palavras-chave (kansei words) para elaborar novos produtos ou soluções, e com essas palavras, obtidas através dos questionários (opinião pessoal dos ocupantes), deseja-se buscar soluções mais adequadas a ambientes específicos.

Palavras-chave: Conforto térmico, Kansei Engineering, Conforto Térmico Adaptativo

1. INTRODUÇÃO

Em 1902, Willis Carrier expôs ao mundo a sua invenção que traria futuramente uma outra ideia do que se compreende por conforto ambiental: nascia aí o ar-condicionado e umidificador de ar.

Por conforto, entende-se o resultado da interação de mudanças físicas, fisiológicas, psicológicas, com os direitos sociais e culturais, a depender da arquitetura, da vestimenta, dos hábitos alimentares e do clima como define Kristian Fabbri (2015). Além disso, conforto térmico é um estado mental aonde o sujeito expressa satisfação com as condições às quais está exposto (ASHRAE, 1966), nos aspectos de temperatura, umidade, velocidade do ar e outros parâmetros em um determinado ambiente.

Como afirma Frota (2001), através da Comissão Americana da Ventilação, em 1916, confirmaram-se alguns resultados sobre a influência das condições termo-higrométricas no rendimento do trabalho físico e situações especiais de guerra. Por exemplo, o aumento da temperatura ambiente de 20°C para 24°C diminui o rendimento do trabalho em 15%. Ainda existem resultados que relacionam o desconforto térmico com o aumento no índice de acidentes de trabalho.

O estudo do conforto térmico foi aprofundado a partir da década de setenta, juntamente com outros estudos que tinham viés antropocêntrico, ou seja, de entender melhor o comportamento humano e desenvolver técnicas para obter uma melhor resposta do organismo. Na Europa, o conforto térmico começou a ser visto de outra maneira, justamente com esse foco. Povl Ole Fanger e outros partiram da ideia de conforto térmico com o valor de bem-estar (Fabbri, 2015). Os conceitos e cálculos abordam ainda a termodinâmica do corpo humano com o meio, mas também o uso de métodos estatísticos com o objetivo de mostrar a influência da opinião das pessoas para determinar a sensação térmica de um local. Entender esses aspectos que influenciam na percepção humana quanto à condição térmica, tem sido abordado pelo estudo de conforto térmico adaptativo.

Na mesma época (década de 70), surge a inovadora Kansei Engineering (Engenharia Afetiva), desenvolvida no Japão por Mitsuo Nagamachi na Universidade de Hiroshima. Um campo de estudos totalmente voltado para a pesquisa do comportamento humano a fim de desenvolver produtos diferenciados e mais atrativos aos cinco sentidos humanos: visão, audição, olfato, paladar e tato (Nagamachi, 2011). Utilizando-se dessa metodologia, produtos como refrigeradores, câmeras digitais e carros foram desenvolvidos com base nas palavras Kansei ligadas às emoções que os clientes desejavam sentir ao utilizá-los. Portanto, pode-se descrever essa engenharia como capaz de traduzir os sentimentos e especificações de projeto vindos dos clientes (Nagamachi e Lokman, 2010).

Por esse lado, a Kansei Engineering é um campo que busca gerar satisfação nas pessoas a partir de estímulos aos seus cinco sentidos. Quanto mais estimulante o produto for, seja com design ou com suas propriedades, maior será a satisfação e, conseqüentemente, o afeto gerado em relação ao produto, serviço, ou ainda, a determinado ambiente. O uso da Engenharia Kansei tem sido recorrente em diversas empresas, reforçando a ideia de preocupação com o cliente e com a qualidade do produto. A SHARP é um exemplo disso, ao criar a primeira câmera digital com LCD embutido e, também, desenvolver um modelo de refrigerador que se tornou padrão em todo Japão devido sua praticidade e preocupação com a ergonomia do produto em mínimos detalhes.

Com a finalidade de propor projetos que considerem tanto limitações físicas como psicológicas, a Kansei Engineering pode agir como um unificador de áreas, quando se abrange a percepção humana em todos seus sentidos. Áreas passíveis de interdisciplinaridade dentro da Engenharia Kansei são, por exemplo: quanto à percepção via tato, a termodinâmica (devido termorreceptores na pele) e sensibilidade a texturas de materiais. A variedade de campos que podem ser

estudados simultaneamente dentro da Kansei Engineering é grande, mostrando a importância de se unir tudo isso a fim de criar produtos e serviços ainda mais voltados para a satisfação humana.

2. CONFORTO TÉRMICO EM AMBIENTES CLIMATIZADOS

2.1 Conforto

Conforto, pode ser entendido como estado de saúde, o qual é definido pela Organização Mundial de Saúde (OMS) como sendo: estado de bem-estar físico, mental e social e não simplesmente a ausência de doenças ou enfermidades (OMS, 1946).

Existem processos que influenciam na determinação de um ambiente como sendo confortável ou desconfortável.

- Processos físicos, que consideram o organismo humano, seus cinco sentidos e o contato do ambiente com os mesmos;
- Processos psicológicos e culturais, os quais não são mensuráveis diretamente, e influenciam na percepção e definição do que seria considerado confortável.

A análise pelo foco dos processos físicos é facilmente explicada, já que se baseia em aspectos fisiológicos, e em como funciona os sentidos humanos com relação ao meio em que atua. Sendo assim, o conforto ambiental pode ser subdividido em outras classes de conforto como: térmico, acústico, antropométrico, olfativo, tátil e visual.

2.2 Conforto Térmico

Por Conforto Térmico entende-se: “Condição mental que expressa satisfação com o ambiente térmico e é obtido por avaliação subjetiva” (ASHRAE 55, 2004 apud Fabbri, 2015). Essa conceituação deixa claro como o estudo de conforto térmico acaba objetivando descobrir novos fatores que possam influenciar nessa percepção subjetiva do ser humano ao ambiente térmico.

São criados índices que possam traduzir dentro das fórmulas de transferência de calor e massa essas influências, como exemplo, os índices PMV (*Predicted Mean Vote*) e PPD (*Predicted Percentage Dissatisfied*) que dão um parâmetro de nota associada à sensação térmica de determinado ambiente; e parâmetro de desconforto enquanto a uma porcentagem de determinada população em interação com o ambiente térmico. Tanto o PMV como o PPD são índices estudados na ISO 7730/94 de forma a criar análises numéricas para o conforto térmico.

Contudo, o ser humano é homeotérmico e busca mecanismos para manter sua temperatura a, aproximadamente, 37°C. A sensação de calor ou frio se dá devido o desequilíbrio em manter essa temperatura. Se a sensação passa a fugir da neutralidade, como consequência, tem-se perda de eficiência no trabalho e, às vezes, problemas de saúde.

A norma ASHRAE-55/92 descreve que para manter a homeotermia, o ser humano interage de forma complexa com o ambiente através de troca de calor, seja por convecção, condução ou radiação. Alguns fatores contribuem para intensificar ou reduzir essa troca: vestimenta; fatores fisiológicos (atividade, idade, estado da saúde, gênero); e fatores ambientais.

Fanger declara em seus estudos que o conforto térmico é definido pela interação de seis parâmetros, os quais são estudados e dimensionados para se desenvolver um ambiente adequado termicamente (Epstein e Moran, 2006). São eles:

1. Temperatura de Bulbo Seco (DBT, *Dry Bulb Temperature*);
2. Temperatura Global de Bulbo Úmido (WBGT, *Wet Bulb Globe Temperature*);
3. Temperatura Radiante Média (MRT, *Mean Radiant Temperature*);
4. Velocidade do ar;
5. Taxa de metabolismo;
6. Vestimenta.

Balanco de Calor do Corpo

A. P. Gagge, definiu o modelo de balanço de energia no corpo humano a partir de dois nós: núcleo, considerando o metabolismo; e pele, considerando essa uma interface de troca de calor entre núcleo e meio externo.

A temperatura do núcleo é constante e equivalente a $37 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Já o nó externo ou pele, possui temperatura variada indo de 45°C (na região do rosto, quando em febre) a 4°C (nos dedos das mãos). Considera-se que quando a temperatura do corpo fica abaixo desses valores ou muito acima, o corpo perde controle e passa a reagir de forma negativa.

Pode-se dizer que podemos aguentar até certo nível de temperatura ambiental a partir de dois pontos principais: (i) normalmente em temperaturas na faixa de -5°C (menos que isso ocorre congelamento) a 45°C (após isso ocorre insolação); (ii) a umidade relativa entre 40 e 70% para que ocorra adequadamente o processo de evapotranspiração. Em umidade menor que 40%, sente-se seca; ou acima disso a sensação de calor ou frio são intensificadas, assim, o corpo reage tentando aumentar a troca de calor por sudorese, que por sua vez não ocorre adequadamente já que o ambiente se encontra saturado e, então, a sensação térmica de calor aumenta.

Para calcular o balanço de calor corpóreo, modela-se o corpo humano como sendo um sistema aberto que troca calor com o meio, a fim de manter sua temperatura a 37°C . O calor produzido é dado por metabolismo basal (que permite o corpo manter-se vivo) e metabolismo muscular (trabalho mecânico).

Fanger define a Eq. (1) para o balanço de energia no corpo (em W/m²) como,

$$H - E_d - E_{sw} - E_{re} - L = K = R + C \quad (1)$$

onde,

H produção interna de calor no corpo humano (Taxa Metabólica, M, reduzida do trabalho externo, W);

E_d perda de calor pela difusão de vapor d'água através da pele;

E_{sw} perda de calor por evaporação (em suor) na superfície da pele;

E_{re} perda de calor latente na respiração;

L perda de calor por respiração (seca);

K transferência de calor da pele para a superfície externa da roupa (condução);

R perda de calor por radiação a partir da superfície externa da roupa;

C perda de calor por convecção a partir da superfície externa da roupa.

A equação é descrita por termos à esquerda da igualdade de K, que representam a variação de energia do núcleo até a pele; e termos à direita da igualdade de K, que representam a variação de energia a partir da pele ao meio externo.

Outra formulação interessante é dada pela ISO 11399 (*Ergonomics of the Thermal Environment*) a partir da atividade metabólica,

$$M - W = C + R + E + C_{res} + E_{res} + S \quad (2)$$

onde,

M energia metabólica;

W trabalho externo;

C perda de calor por convecção a partir da pele;

R radiação;

E evaporação ou suor;

C_{res} perda de calor de respiração por convecção;

E_{res} perda de calor de respiração por evaporação;

S taxa de armazenamento de calor.

Para cálculo da energia total, é necessário ter como referência um valor de área, já que nas equações a unidade de medida é energia por área. Uma aproximação adequada nesse caso é a expressão de DuBois,

$$A_{Du} = 0,202 \cdot m^{0,425} l^{0,725} \quad (3)$$

na qual,

A_{Du} área superficial do corpo ou área de DuBois em m²;

m massa do corpo em kg;

l altura do corpo em m.

Quanto às equações, pode-se ainda descrever melhor as variáveis, de acordo com as normas que possuem equações pré-estabelecidas e tabelas padronizadas.

A Taxa metabólica (M) pode ser calculada conforme ISO 8996 (*Ergonomic of the Thermal Environment: determination of metabolic rate*), norma que descreve metodologias mais simples e outras que consideram melhor precisão. A forma mais simples (*screening*), é dada pela atividade efetuada. E segue a tabela abaixo com valores padronizados para a taxa metabólica e valores 'met'.

A unidade 'met' é utilizada para determinar a taxa de metabolismo, e simboliza o gasto energético para uma pessoa que esteja sentada ou descansando com roupas que não influenciem na variação da taxa (1 clo) e em um ambiente de 21°C, ou seja, taxa de gasto de energia mínima. 1 (um) met é equivalente a 58,15 W/m².

Índice PMV

O estudo de conforto depende muito mais do que de parâmetros físicos para se descrever uma sensação tão subjetiva. Para isso, as medições e cálculos contam com o suporte de Índices de Conforto (por exemplo, o PMV e PPD), os quais descrevem a relação entre o corpo e o ambiente de forma a complementar o objetivismo dos cálculos do balanço energético.

No estudo da qualidade e conforto de ambientes fechados quatro parâmetros físicos são importantes, inclusive para o cálculo do índice PMV (*Predicted Mean Vote* ou Voto Médio Estimado).

- Temperatura do Ar (t_a, °C) caracterizando a troca de energia térmica entre corpo e meio;
- Umidade Relativa (RH, %) caracterizando a troca térmica de massa e energia devido à perda de carga pela difusão através da pele (E_d), respiração e perda de calor latente (E_{re});
- Velocidade do Ar (v_{ar}, m/s) que caracteriza a troca térmica por convecção (perda de calor por convecção) entre corpo e roupas com o ar do meio;

- Temperatura Radiante Média (t_{mr} , °C) que descreve a troca de calor por radiação entre corpo e paredes a temperaturas constantes.

Além disso, dois parâmetros pessoais já mencionados são considerados: nível de atividade física realizado pelos ocupantes; e o tipo de vestimenta utilizado.

A escala padrão para definir-se o PMV é denominada escala de sete pontos, desenvolvida por Fanger e utilizada até hoje, conforme ASHRAE.

Dependendo da carga térmica à qual um corpo é submetido, este irá se adaptar de forma que sua temperatura média da pele e a taxa de suor mantenham a homeotermia. Isto faz com que a sensação térmica se modifique. Logo, existe uma relação entre a sensação térmica demonstrada por uma pessoa e a carga térmica à qual está submetida, que por sua vez, é influenciada pela produção de calor corporal interna.

O PMV, por tanto, é calculado com referência na carga térmica (CT) e a opinião das pessoas sobre a sensação térmica. Estudo desenvolvido por Fanger, no qual através de 1300 pessoas, foram obtidos dados sobre sensação térmica e outras informações a respeito do sistema termorregulador,

$$PMV = (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot CT \quad (4)$$

ou na sua forma mais completa:

$$\begin{aligned} PMV = & (0,303 \cdot e^{-0,036M} + 0,028) \cdot [(M - W) - 3,05 \cdot 10^{-3} \cdot [5733 - 6,99 \cdot (M - W) - p_a] \\ & - 0,42 \cdot [(M - W) - 58,15] - 1,72 \cdot 10^{-5} \cdot M \cdot (5867 - RH \cdot p_a) - 0,0014 \cdot M \cdot (34 - t_a) \\ & - 3,96 \cdot 10^{-8} \cdot f_{cl} \cdot [(t_{cl} + 273)^4 - (t_{mr} + 273)^4] \cdot f_{cl} \cdot h_{cl} \cdot (t_{cl} - t_a)] \end{aligned} \quad (5)$$

O uso do índice PMV como parâmetro de análise de Conforto Térmico é indicado quando estiver entre os +2 e -2. Outras condições em que o uso de PMV é interessante são:

- Taxa de metabolismo (M) = 46 a 232 W/m² (0,8 a 4 met);
- Resistência térmica da roupa (I_{cl}) = 0 a 0,310 m²·°C/W (0 a 2 clo);
- Temperatura do ar (t_{ar}) = 10 a 30°C;
- Temperatura radiante média (t_{mr}) = 10 a 40°C;
- Velocidade do ar (v_{ar}) = 0 a 1 m/s;
- Pressão parcial do vapor de água = 0 a 2700 Pa.

Por fim, o PMV pode ser determinado de três formas diferentes: (i) utilizando-se a formulação mencionada na Eq. (5); (ii) consultando-se tabelas contendo valores de PMV para diversas combinações entre taxa metabólica, vestimenta, velocidade do ar (vento), e temperatura operativa; (iii) ou por medição direta dos parâmetros de interesse com o auxílio de sensores ou sensor integrador.

Índice PPD

A porcentagem de pessoas não satisfeitas com a condição de conforto é conhecida como PPD, *Predicted Percentage Dissatisfied* ou Porcentagem Prevista de Dissatisfeitos. Esse índice é importante para se quantificar fatores pessoais e não-mensuráveis para a sensação térmica. Afinal, existem situações que são extremamente neutras para a grande maioria das pessoas, porém confortável e satisfatório para uma minoria.

A Figura (1), descreve a relação entre PMV e PPD, na qual fica evidente que jamais 100% dos ocupantes de um ambiente estará satisfeito, mesmo em PMV nulo, seja em condições térmicas ou visuais, dentre outras possibilidades.

Além do gráfico da Fig. (1), podemos calcular o PPD (%) através da seguinte equação em função do PMV:

$$PPD = 100 - 95 \cdot e^{-\left(0,03353PMV^4 + 0,2179PMV^2\right)} \quad (6)$$

O PPD é bem abrangente e pode ser utilizado comparativamente com outros parâmetros além do PMV, por exemplo, com relação a indicadores de CO₂, níveis de iluminação ou situações de desconforto local.

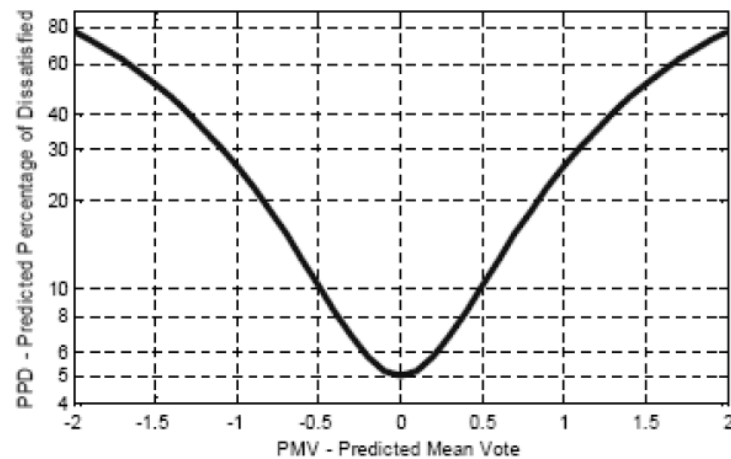


Figura 1. Relação entre índices PMV e PPD.

2.3 Conforto Térmico Adaptativo

As instituições normativas constantemente revisam os padrões, e a busca por mais pesquisas e experimentos práticos é o que torna o conhecimento teórico mutável. É essa motivação que faz com que o estudo de Conforto Térmico seja analisado dinamicamente considerando outros parâmetros, como o comportamento humano além do fisiológico.

Por exemplo, a revisão da ISO 7730 leva em consideração variáveis dinâmicas, como a variação da temperatura do ar de acordo com a variação da velocidade do ar, e especialmente como os ocupantes de um ambiente se adaptam.

O Conforto Térmico Adaptativo está ligado ao comportamento das pessoas em relação a um microclima de um ambiente interno ou externo, para que a termorregulação ocorra mais dinâmica e rápida possível. Essa adaptação não se trata de mudar a vestimenta ou as atividades para que se tenha maior conforto, mas sim micro ações, que são determinadas para cada pessoa mesmo que em conforto térmico neutro (de acordo com o PMV).

Segundo Brag e De Dear (1998 apud Fabbri, 2015), o indivíduo responde a condições microclimáticas presentes num ambiente fechado ou aberto, de forma que as mudanças no corpo humano são contínuas, tanto metabólicas, comportamentais, relacionadas ao psicológico ou à vestimenta. Essas alterações podem estar também associadas a todos os indivíduos, que podem ser afetados de forma semelhante quando em regiões com características climáticas semelhantes.

O Conforto Adaptativo tem como objetivo o estudo do efeito de neutralidade térmica, condição parcialmente introduzida pelas normas já mencionadas. Enquanto o princípio adaptativo está para uma situação que exista desconforto por mudanças causadas, as pessoas tendem a reagir de forma a recuperar o conforto (Nicol et al. 2002; Humphreys and Nicol 1998; Humphreys 1973 apud Fabbri, 2015).

As ações para tornar adaptável o ambiente de forma a obter conforto térmico, afetam a regulação da geração de calor interno (metabolismo), reduzem ou aumentam as perdas de calor corporal, e em relação ao corpo humano, enquanto num ambiente interno, é possível ajustar a temperatura, ou outras variáveis térmicas do ambiente, ou ainda agir de forma a modificar condições fisiológicas do corpo, como esfregar as mãos para esquentar e retirar algumas peças da roupa para resfriar.

Em suma, o Conforto Térmico Adaptativo se baseia em três diferentes ações tomadas pelas pessoas de modo a modificar o meio em que estão para torná-lo confortável: (i) adaptação comportamental, através de roupas, mudança na sua atividade, abrir portas e janelas, utilizar ventiladores; (ii) adaptação fisiológica por aclimatização (se acostumar com um ambiente térmico após estar exposto a ele por certo tempo); (iii) adaptação psicológica relacionada a condições de conforto em ambientes internos esperado pelos ocupantes e a tolerância desses comparada a mudança de temperatura.

A consequência do conceito adaptativo é a criação de sistemas bem diferenciados para climatização, ou de termorregulação ou qualquer sistema indireto que tenha como objetivo ajustar um ambiente ou indivíduo em uma condição de conforto.

O sistema de construções TABS (*Thermally Activated Building System*) permite que em um prédio que tenha um sistema de condicionamento do ar ou aquecimento, as pessoas possam abrir a janela ou modificar o meio de forma a reduzir a temperatura interna, ou seja, obter conforto de forma adaptativa. Nessa situação, a distância entre o conforto sentido e desejado passam a ter uma distância reduzida, já que o ocupante tem total liberdade de modificar o meio em busca do conforto térmico para si. Conforme, Baker e Standeven (2001 apud Fabbri, 2015), a oportunidade adaptativa é interpretada como habilidade de mudar o meio com ações simples como acionar ou desligar um ventilador, abrir uma janela ou simplesmente mudar a vestimenta padrão de um uniforme com liberdade de ser adequado para cada indivíduo.

Por fim, no conceito adaptativo, existem as ações adaptativas que requerem tempo para que ocorra a acomodação a uma temperatura de conforto, ou seja, as estações climáticas mudam com relação ao tempo, além do próprio ambiente e das pessoas com seus organismos complexos, variando minuto a minuto. Fica claro, então, que o estudo adaptativo considera variáveis de forma dinâmica, o que torna o estudo de conforto térmico ainda mais completo.

3. APLICAÇÃO DO PRINCÍPIO KANSEI NA ENGENHARIA

3.1 Kansei

A expressão Kansei, possui diversos significados, sendo de origem japonesa, a palavra simboliza sentimentos ou o ato de sentir: senso, sentido, emoção, sensação, afeição. Conforme o dicionário japonês, *Kansei* é uma palavra abreviada de *kanjusei*, que significa sensibilidade. Shütte (2002) define Kansei como “sensibilidade de um órgão sensitivo aonde a sensação ou percepção é tomada em reposta a estímulos externos”.

Kansei está associado a como as pessoas reagem ao meio, situações, objetos, ou até mesmo a outras pessoas. Quando um vendedor consegue captar as necessidades do cliente através de como ele se porta, esse nível de sensibilidade pode ser entendido como *kansei*. Um designer que busca adaptar um produto com base nas expectativas de um usuário, como modificando cores ou texturas, até mesmo odor, então este tem sensibilidade ou *kansei*.

De acordo com a Sociedade Japonesa de Engenharia Kansei (JSKE, 2004), “Kansei é uma função integrada da mente, dependente de diversas outras funções durante o recebimento e envio de sinais. Filtrar, receber informações, estimar, reconhecer, modelar, se relacionar, produzir, dar informações, apresentar, entre outras funções, fazem parte do que se conhece por Kansei. Enquanto para Shimizu et. al (2004 apud Shütte, 2002) Kansei não é apenas um processo interno, mas o tipo de processo que está constantemente em contato com o mundo externo captando informações, processando e refletindo de volta influências disso.

Entendendo Kansei como a ideia de sensibilidade, sentimento e emoção. A Engenharia Kansei (Kansei Engineering) foi desenvolvida com intuito de buscar relacionar áreas de estudo como desenvolvimento de produtos, arquitetura, design e engenharias, com ramos da psicologia, com o objetivo de entender como o ser humano reage a determinados

3.2 Kansei Engineering

Entendendo Kansei como a ideia de sensibilidade, sentimento e emoção. A Engenharia Kansei (*Kansei Engineering*) foi desenvolvida com intuito de buscar relacionar áreas de estudo como desenvolvimento de produtos, arquitetura, design e engenharias, com ramos da psicologia, com o objetivo de entender como o ser humano reage a determinados estímulos dados pelo meio externo.

A partir dessa compreensão, a Engenharia Kansei tende a unir campos de estudo em prol de solucionar problemas ou desenvolver produtos, com base em emoções e sensações (5 sentidos) humanos. Como explanado acima, os cinco sentidos são estimulados de alguma maneira a partir de determinadas características do serviço ou produto, simultaneamente as emoções são estimuladas e, consequentemente, as pessoas passam a desenvolver ‘afeto’, daí a tradução para Engenharia Kansei como Engenharia Afetiva.

O estudo de conforto, de forma geral, abrange a ideia de como causar a sensação de satisfação no ser humano. Essa sensação nem sempre segue o padrão, ou o que grande maioria vê como satisfatório ou prazeroso. Com isso, variando propriedades do ambiente é possível torna-lo mais confortável e causar os estímulos comentados anteriormente, fatores que são estudados pela Engenharia Kansei. Com isso, pode-se concluir que a Engenharia Kansei está ligada a diversos campos de sensações e emoções, ligando isso à diversas áreas de estudo, inclusive Conforto Térmico e Conforto Ambiental.

3.3 Metodologia Kansei Engineering

Conforme Okamoto (2011), a Engenharia Kansei é uma abordagem estruturada para a identificação, categorização e tradução de necessidades profundas Kansei do mercado em elementos de design físicas ou requisitos técnicos, usando uma grande variedade de ferramentas quantitativas e qualitativas.

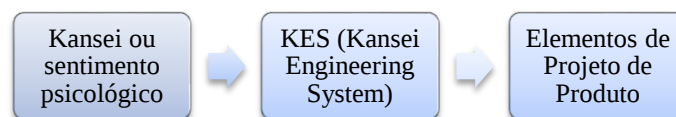


Figura 2. Diagrama de processos para o Sistema de Engenharia Kansei (KES).

Com essa finalidade, o processo de KE para traduzir essas emoções tem como foco, segundo Nagamachi (2001):

- Compreender com precisão o consumidor;
- Refletir e traduzir a compreensão do consumidor em design de produto;
- Criar um sistema e uma organização orientada com base na Metodologia da Engenharia Kansei.

A metodologia Kansei é aplicada com base em expressões psicológicas e fisiológicas do ser humano. Para se chegar às características que formarão o produto Kansei, diversos caminhos podem ser tomados, sendo que a primeiro ponto se obtêm dados sobre essas expressões humanas e então segue-se o processo metodológico KE.

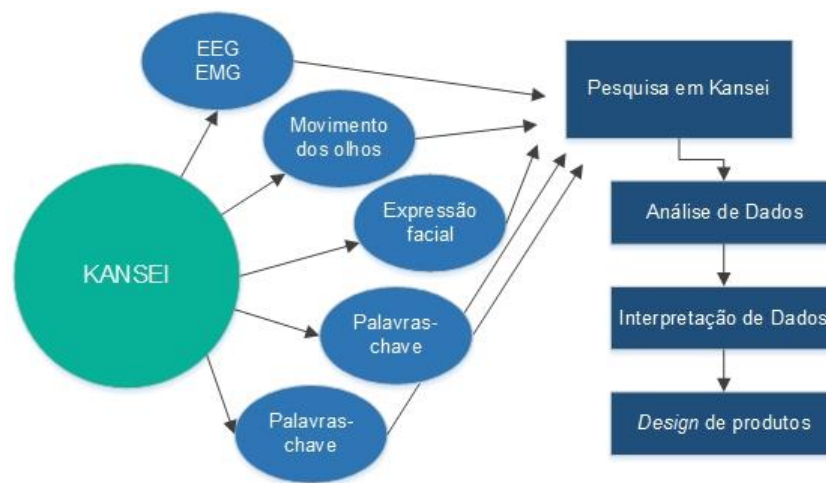


Figura 3. Diagrama de caminhos para a metodologia KE (Nagamachi et al, 2015)

3.4 Processo Kansei Engineering

Segundo Okamoto (2011), a metodologia KE pode ser dividida nas seguintes fases:

1. Seleção do domínio produto ou serviço e definição da estratégia, que inclui a seleção do produto ou serviço (já existente ou totalmente novo); a definição do mercado e da concorrência atual com suas soluções, os segmentos de potencial de mercado, sente-se utilizado no estudo (visão, paladar, olfato, tato, audição) e suas combinações; e, finalmente, a definição geral da estratégia e do plano do projeto.

2. Definição do espaço semântico e sua estrutura, que incluem a coleção de adjetivos que descrevem o domínio produto/serviço e as necessidades potenciais do Kansei, chamados *kansei words* (por exemplo: elegante, atraente, urbano, pesado, moderno); sua categorização, definição da estrutura hierárquica e coleta de dados. As palavras Kansei são escolhidas a partir de várias fontes, com base na opinião de especialistas, designers, usuários experientes, anúncios, revistas, ideias, observação direta e entrevistas.

3. Definição de propriedades de produtos ou serviços: O objetivo é determinar as propriedades ou elementos de design (requisitos técnicos e de *design*) do produto ou serviço, que incluem a coleção de produtos existentes, a criação de novos conceitos, identificação de imagens e prioridades potenciais dos clientes e das empresas, assim como a definição de propriedades, elementos (atributos ou características) e categorias do *design*.

4. Coleta de dados: Esta fase é onde o espaço semântico ou as necessidades *kansei* são relacionadas com as potenciais propriedades de produtos ou serviços por meio de avaliações feitas pelos questionários aos utilizadores, observação direta ou medições fisiológicas. As necessidades *kansei* são variáveis de resposta e as propriedades potenciais ou elementos de design são as variáveis independentes do modelo.

5. Análise de dados: Os dados são analisados e podem ser processados através de metodologia manual, estatística (por exemplo, análise de regressão), ou metodologia não estatística, a fim de obter a melhor aproximação para a relação entre as necessidades *kansei* e os elementos de design.

6. Validação e construção de protótipos: Todos os resultados devem ser testados para a validação e discutidos com a equipe de especialistas (técnicos, designers, usuários avançados) antes de prosseguir para a construção de protótipos e testes de mercado, bem como o planejamento para os próximos processos de produção e introdução no mercado (fases de desenvolvimento e comercialização).

4. RELAÇÃO ENTRE CONFORTO TÉRMICO E KANSEI ENGINEERING

4.1 Sentidos Humanos e Termorregulação

A fisiologia se preocupa basicamente com as condições que mantêm a vida de um ser vivo. Quanto ao ser humano, existem alguns sistemas que permitem a interação com o ambiente.

- Sistema termo regulatório, que ajuda a manter adequada a taxa de metabolismo;
- Sistema respiratório, através do qual se percebe a qualidade do ar e níveis de poluição;
- Olho, que percebe também a qualidade do ar e temperatura, além de visualizar formas e cores;
- A orelha que permite a percepção dos sons, além do senso de equilíbrio.

Sabe-se ainda que os cinco sentidos básicos do ser humano permitem esse mesmo contato do homem com o meio. É através desses sentidos que o ser humano cria memórias, se adapta ao meio e, ainda, sente satisfação.

Os sentidos humanos que são de interesse para os estudos de AVAC, são principalmente (i) olfativo, localizado no interior da cavidade nasal, que permite o reconhecimento de odores e irritação devido a alterações da mucosa nasal; (ii) trato respiratório humano, que inclui as cavidades paranasais (seios), a faringe (garganta); e a cavidade oral ou parte do sistema respiratório, em contato direto com o exterior, através do qual ocorre a troca de ar entre meio interno e externo,

caracterizado pela troca de massa (através da água em vapor, ar e moléculas de gás) e troca de energia (variação na temperatura de entrada e saída do ar e calor latente de vaporização do ar respirado).

O principal órgão ligado a termorregulação é a pele. Mesmo órgão que permite sentir pressão, devido à pressão mecânica (toque), a sensibilidade à temperatura (quente / frio) e também a dor (nociceptor). A pele é constituída de epiderme, composta de células mortas em contato direto com o exterior, e a derme, a parte viva com receptores nervosos e glândulas.

Os sensores de temperatura distinguem-se em receptores de quente, para temperaturas variando de 38 até 43°C, e sensores de frio, para temperaturas entre 15 e 34°C. Os receptores de frio podem detectar a diminuição de 0,004 °C/s, e os receptores de calor a uma velocidade de percepção de temperatura de 0.001 °C/s. A glândula sudorípara (ou glândula termorreguladora de suor), é composto por 99% de água e 1% de eletrólitos, aminoácidos, e outras vitaminas.

O mecanismo de equilíbrio de calor e controle de temperatura é regulada pelo hipotálamo, que é ativado: por dilatação vascular e suor, no caso de excesso de calor; ou pelo estreitamento vascular e tremores, quando frio.

O sistema de termorregulação permite que a temperatura do corpo humano se mantenha a cerca de 37 ° C com mudança de $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, e reage através do aumento da temperatura, no caso de intensa atividade metabólica, tais como infecções e outros fenômenos febris. O controle da temperatura pode ser realizado de duas maneiras:

- vasomotora, contra o calor e o frio, ativada por receptores térmicos;
- comportamental, com o aumento ou a diminuição da atividade metabólica, através trabalho mecânico, vestuário.

Para a Engenharia Kansei, conhecer e analisar os cinco sentidos (audição, visão, paladar, tato e olfato) são primordiais para o desenvolvimento de novas soluções. As emoções são estimuladas através do toque, gosto e cheiro, e reforçadas por experiências da vida diária. Emoções compostas que combinam sensações (modalidades sensoriais), especialmente a visão, que domina 70% -80% de estimulação sensorial de grande impacto para o Kansei (Nagamachi et al, 2015); por exemplo, a visão junto ao sabor, paladar ou visão junto ao toque.

4.2 Conforto Térmico e Kansei Engineering

Um exemplo dessa aplicação foi utilizado na remodelagem do interior da aeronave Boeing 787 (Nagamachi et al, 2015), buscando a sensação de relaxamento, as melhorias feitas estavam desde o aumento das janelas e utilização de sistema de escurecimento das janelas por gel de descoloração energizado, a melhoria no *design* da cozinha e na cabine de comando.

Até então, Conforto é entendido como um campo de pesquisa que lida com as características fisiológicas do ser humano, de modo que a ergonomia tem papel primordial na busca por qualidade na reprodução de conforto. O Conforto Adaptativo já busca uma vertente mais subjetiva dentro da área, abordando a ideia de que as pessoas são capazes de modificar o ambiente em prol do máximo de conforto possível, especialmente no quesito térmico.

A aplicação do conceito de Kansei Engineering pode tornar ainda mais completo o estudo de Conforto Térmico com base na opinião de usuários, já que essa metodologia aborda a reação sentimental e emocional das pessoas frente a um serviço, produto ou situação. A metodologia Kansei é prática e tem já diversas aplicações que se tornaram sucesso comercial, em diversos campos de estudo: *design*, arquitetura, engenharia, saúde, etc.

Tendo isso em vista, busca-se aplicar questionários que abordam tanto a metodologia Adaptativa de Conforto Térmico como a Kansei Engineering. A partir desses questionários, voltados para análise de um ambiente microclimático, deseja-se buscar soluções para que tornem o local ainda mais confortável termicamente. Sabe-se que aspectos como a mobília dentro de um ambiente, os materiais selecionados, disposição de janelas e cor das paredes realmente afetam a sensação térmica, porém são observadas apenas as propriedades físicas de todos esses elementos. Ainda não se tem grande contribuição bibliográfica quanto à influência de elementos de forma psicológica e emocional e como essas influências podem ser manipuladas de forma a causar emoções como relaxamento, calor, frio, entre outros.

Por fim, com questionários feitos, os dados são recolhidos e uma análise quanto aos elementos do ambiente pode ser feita comparativamente aos dados emocionais e sensoriais dos usuários. Definido um termo ou vários termos que são conhecidos como objetivos do que se deseja causar com o serviço ou produto, por exemplo, 'calor', manipulam-se aspectos já julgados pelos usuários de forma a causar essa sensação.

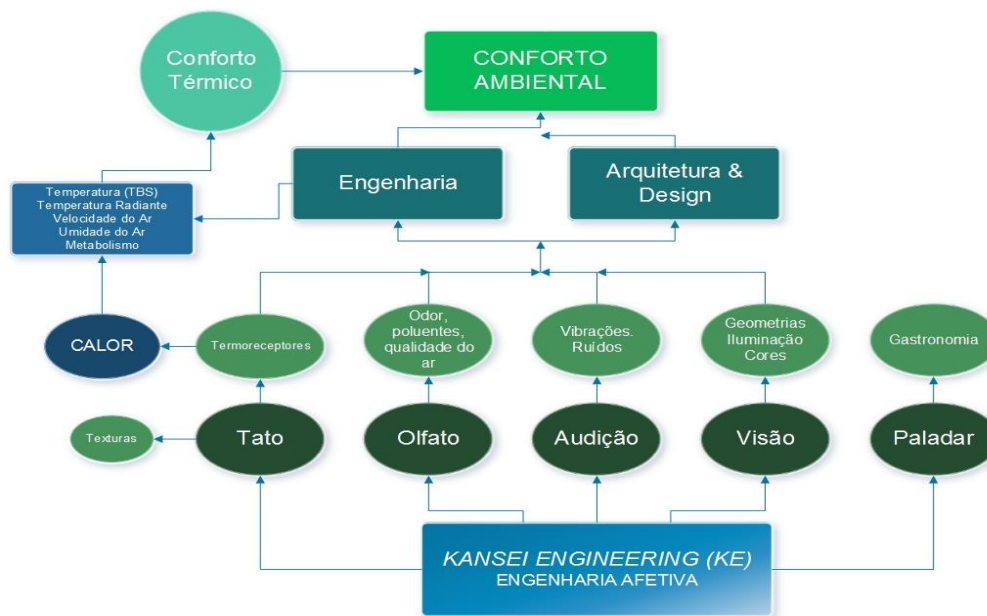


Figura 4. Ramificações da Kansei Engineering ao estudo de Conforto Ambiental.

5. CONCLUSÕES

Com base no que foi mencionado anteriormente, observa-se ser completamente possível a associação entre Engenharia Kansei e Conforto Térmico / Ambiental, já que as duas áreas de estudo têm como base os 5 sentidos humanos e como eles se relacionam com o meio.

O Conforto Térmico está associado a propriedades físicas e térmicas que podem ser manipuladas tanto pelo próprio usuário (Conforto Adaptativo) como por *designers* que podem causar um melhor conforto a partir de elementos menores dentro de um projeto. A capacidade de um ar-condicionado alterar automaticamente a temperatura em prol de uma sensação térmica fixa, pode ser um fator que torne o produto mais satisfatório e o ambiente ainda mais confortável. Caso o mesmo não ofereça ruídos ou tenha sistema de ventilação que não atinja diretamente o usuário, o conforto é ainda melhor observado.

Assim, nota-se que o estudo do Conforto Térmico associado à metodologia KE (*Kansei Engineering*) pode ter grandes produções científicas em prol de produtos mais satisfatórios e que possam oferecer melhor conforto ao usuário.

Agradecimentos

Agradeço o apoio do Prof. Eng. João Pimenta ao considerar me orientar numa pesquisa com temática diferenciada e inovadora considerando que a mesma aborda diversos aspectos psicológicos e humanísticos, além da mecânica e termodinâmica clássica que são estudadas no curso de graduação de engenharia mecânica. Agradeço à minha melhor amiga e irmã de coração, Nair Mendes por todo apoio na minha caminhada em todos os rumos que eu já tomei. Também agradeço ao Vitor Alves por ter me dado suporte em um momento que senti bastante tensão, no qual achei que não conseguiria mais produzir tal artigo, e com a sua ajuda se tornou possível. Agradeço à Profa. Anitawati Mohd Lokman, professora da Universidade de Tecnologia MARA da Malásia, por me apoiar e incentivar a continuar pesquisando dentro da área de *Kansei Engineering*, e ao Prof. Tomonaga Okabe (*Tohoku University*), por ter sido através dele e de seu laboratório que pude conhecer pela primeira vez um pouco sobre essa área de estudo. Por fim, agradeço à minha família e a todos que me deram suporte e elogiaram minha busca por pesquisar algo diferenciado.

6. REFERÊNCIAS

- ASHRAE. 1992. Thermal environmental conditions for human occupancy. ANSI/ASHRAE Standard 55-1992.
- FABBRI, Kristian. 2015. Indoor Thermal Comfort Perception. A questionnaire approach focusing on children. Springer.
- EPSTEIN, Yoram; MORAN, Daniel S. 2006. Thermal Comfort and the Heat Stress Indices. Heller Institute of Medical Research, Sheba Medical Center, Tel Hashomer and the Sackler Faculty of Medicine. Tel Aviv University, Israel Industrial Health.
- FROTA, Anésia Barros. 2011. Manual de conforto térmico : arquitetura, urbanismo. 5ª ed. São Paulo. Studio Nobel.

- ISO 11399. 1995. Ergonomics of the thermal environment—principles and application of relevant international standards.
- ISO 7730. 1994. Ergonomics of the thermal environment—analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.
- ISO 8996. Ergonomics—determination of metabolic heat production.
- LAMBERTS, Roberto; XAVIER, Antônio Augusto de Paula. 2002. LabEEE, Conforto Térmico e Stress Térmico. UFSC – Centro Tecnológico, Departamento de Engenharia Civil.
- LÉVY, P. 2013. Beyond kansei engineering: The emancipation of kansei design. International Journal of Design.
- LOKMAN, Anitawati Mohd. 2010. Design & Emotion: The Kansei Engineering Methodology - Design & Emotion: The Kansei Engineering Methodology Vol. 1, Issue 1.
- MARGHANIA, Viviane Gaspar Ribas El et al. 2011. Kansei Engineering: metodologia orientada ao consumidor para suporte a decisão de projeto. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto – CBGDP.
- MARKOV, D. 2002. Standards in thermal comfort in: Annual International Course: Ventilation And Indoor Climate, Sofia. P. Stankov.
- MATTOS, Cristiano et al. 2004. Sensação Térmica: Uma Abordagem Interdisciplinar. Departamento de Física e Química UNESP, Guaratinguetá São Paulo.
- NAGAMACHI, Mitsuo, LOKMAN, Anitawati Mohd. 2015. Industrial innovation series - Kansei innovation, practical design applications for product and service development. CRC Press.
- NAGAMACHI, Mitsuo; OKAMOTO, Ricardo Hirata; LOKMAN, Anitawati Mohd. 2011. Industrial - Kansei Affective Engineering. CRC Press.
- OMS. 1946. Constituição da Organização Mundial da Saúde (OMS/WHO). Disponível em <http://www.direitoshumanos.usp.br/index.php/OMS-Organiza%C3%A7%C3%A3o-Mundial-da-Sa%C3%BAde/constituicao-da-organizacao-mundial-da-saude-omswwho.html>, acessado em 24 de maio de 2016.
- PARSONS, Ken. 2002. Human Thermal Environments - The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance. 3rd edition. CRC Press.
- PIMENTA, João. 2009. Ar Condicionado: Conforto Térmico. 100 slides. Notas de Aula. Apresentação MS PowerPoint.
- SCHÜTTE, Simon. 2002. Designing Feelings into Products. Integrating Kansei Engineering Methodology in Product Development. Linköping Studies in Science and Technology.
- THIEMANN, Otavio. Órgãos Dos Sentidos. Apostila de Biologia II. Instituto De Fisica De São Carlos – USP.

KANSEI ENGINEERING METHODOLOGY APPLIED ON AR-CONDITIONING SYSTEMS

Abstract. *This project presents a initial research in Thermal Comfort seeking an adaptive approach. Associated with this, the application of Kansei Engineering methodology in order to develop better thermal comfort solutions based on physiological perception of the human being, and also their sensibility (5 senses) and emotions. Based on these two approaches, at first, I carried out some research to develop questionnaires covering both thermal concepts (PMV and PPD) and emotional concepts (environmental psychology, Kansei Engineering). The Kansei Engineering, works with keywords (kansei words) to develop new products or solutions, and with those words, obtained through questionnaires (personal opinion of the occupants), seek appropriate solutions to specific environments.*

Key-words: *Thermal Comfort, Kansei Engineering, Adaptative Thermal Comfort.*