



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
LABORATÓRIO DE ANÁLISE DO TRABALHO

# A INFLUÊNCIA DO METABOLISMO NO CÁLCULO DO PMV DA NORMA ISO 7730

Alinny Dantas Avelino  
Luiz Bueno da Silva

Programa de Pós-graduação em Engenharia de produção



**CESET**

GRUPO DE PESQUISA EM  
CONFORTO, EFICIÊNCIA E  
SEGURANÇA NO TRABALHO

# COMO VOCÊ ESTÁ SE SENTINDO?

---

---



**VS**



# *PREDICTED MEAN VOTE (PMV)*

---

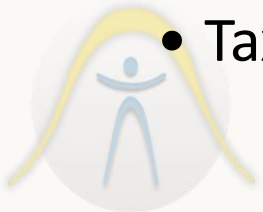
- PMV é um índice de conforto térmico para ambientes moderados

## Variáveis ambientais

- Temperatura do ar
- Velocidade relativa do ar
- Temperatura média radiante
- Umidade relativa do ar

## Variáveis físicas

- Isolamento térmico das roupas
- Taxa de metabolismo

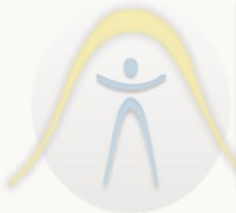


# QUAL O PROBLEMA ENTÃO?

- Métodos de obter o metabolismo
  - Tabela
  - Frequência cardíaca
  - Oxigênio
  - Modelos matemáticos



"O PMV calculado em função do metabolismo obtido através da análise das variáveis pessoais de estudantes em ambientes de ensino *smart* climatizado é mais similar à sensação térmica que o PMV da norma ISO 7730?"

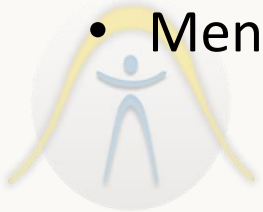


# POR QUE?

---

---

- Importância do conforto térmico (Huang *et al.* (2012) e Vimalanathan e Babu (2014), Siqueira (2015))
- Bancos de dados são poucos
- Inadequação das normas vigentes às adaptações que os ambientes modernos
- Diferenças entre PMV e opinião dos ocupantes
- Um erro de 15% na avaliação da taxa metabólica pode facilmente levar a erros no PMV maiores que 0,3 unidades dependendo de outras condições (Havenith *et al.*, 2002)
- Aumento da temperatura externa
- Desconsideração das variabilidades humanas
- Menor consumo energético



# OBJETIVOS E DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

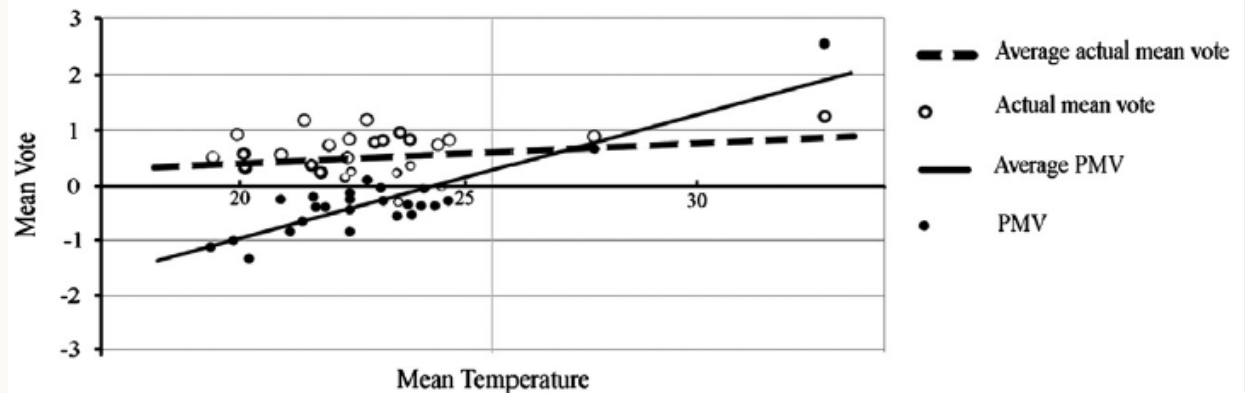
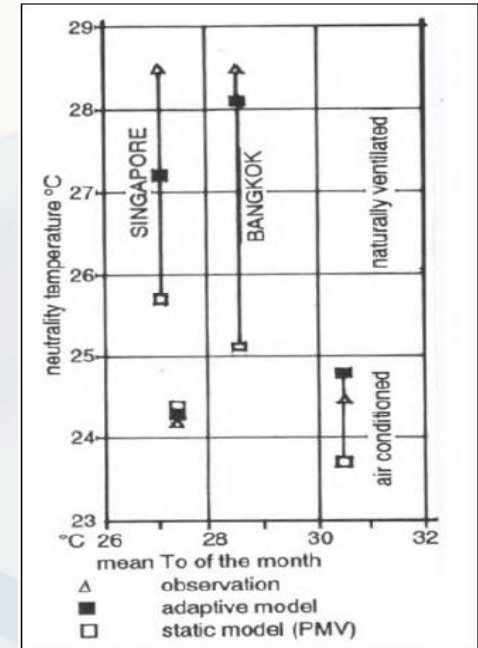
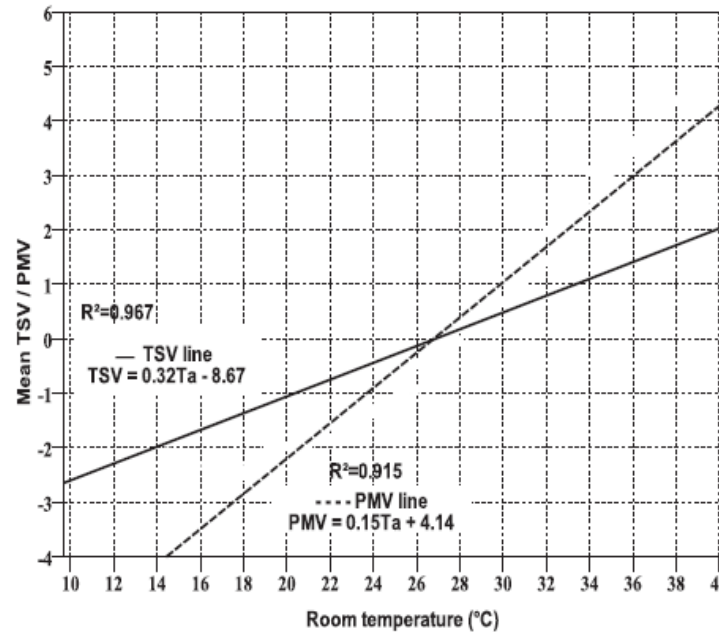
Analisar se o PMV calculado em função do metabolismo obtido através da análise das variáveis pessoais de estudantes em ambientes de ensino *smart* climatizado é mais similar à sensação térmica do que o modelo apresentado pela norma ISO 7730.

- Verificar na literatura variáveis que possuem influência no metabolismo.
- Avaliar as variáveis pessoais vinculadas aos estudantes
- Mensurar a percepção térmica dos estudantes
- Propor um modelo de metabolismo em função de fatores pessoais dos estudantes
- Comparar o modelo de metabolismo proposto com outros modelos constantes na literatura

- Ambientes *smart* (ambientes climatizados que possuem equipamentos eletrônicos)
- Instituições públicas
- Estudantes de engenharia
- Idades entre 18 e 38 anos
- Estação verão.

# ANÁLISE DO USO DO PMV COMO MÉTODO DE TERMOAVALIAÇÃO

Dear and Auliciems (1985)  
Raja and Nicol (1997)  
Humphreys and Nicol (2002)  
Fanger e Toftum (2002)  
Auliciems e Szokolay (2007)  
Corgnati et al. (2009)  
Andreas et al. (2010)  
Conceição et al. (2012)  
Ricciardi and Buratti (2012)  
Choi et al. (2012)  
Moreira et al. (2012)  
Teleghani et al. (2013)  
Alfano et al. (2013)  
de Dear et al. (2013)  
Maiti (2014)  
Attia e Hensen (2014)  
Dhaka et al. (2015)  
Kim et al. (2015)  
Ricciardia e Buratti (2015)  
Kim et al. (2015)  
Straub et al. (2016)



# ANÁLISE DO USO DO PMV COMO MÉTODO DE TERMOAVALIAÇÃO

---

---

- Tendências de desvio não são idênticas em todos os trabalhos;
- Dificuldades de criar um modelo generalizado para todas as faixas de condições internas;
- Modelo de Fanger (1970) desenvolvido para climas temperados, desde seu desenvolvimento, tem sido utilizado para diferentes climas em diferentes países do globo;
- Limitações do modelo de 1970.





# ESTUDO DO METABOLISMO RELACIONADO AO CONFORTO TÉRMICO

Van Hoof (2008)  
Akimoto et al. (2010)  
Alfano et al. (2013)  
Yang et al. (2016)  
Hasan et al. (2016)  
Luo et al. (2016)  
Djamila (2017)



- Os estudos analisados mostram a influência do metabolismo no conforto térmico geral dos sujeitos avaliados;
- Variações de metabolismo interpessoais e intrapessoais que afastam o PMV de cada indivíduo do valor tabelado;
- Permite verificar a importância da correta aferição da taxa de metabolismo para o cálculo preciso do PMV;
- Dificuldade de isolar a flutuação deste valor encontrada por Yang et al. (2016).



# ESTUDOS DO PMV COM METABOLISMO NÃO TABELADO SEGUNDO A NORMA ISO 7730

---

---

Xavier (2000)  
Broday et al. (2014)  
Gilani et al. (2016)  
Luo et al. (2016)



Conclusão: o uso de um metabolismo não tabelado traz mais precisão ao estudo do PMV de um ambiente e atividade

Problema: as variações nos resultados ainda não são constantes para permitir uma padronização de método e solução para o problema em qualquer ambiente



# METODOLOGIA

SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS CONFORME A LITERATURA (MOREIRA ET AL. (2012), LUO ET AL. (2016), CHOI ET AL. (2012), RUAS (1999), XAVIER (2000))

Tipo	Indicadores	
Sensação térmica	Com relação à sua sensação térmica, como você está se sentindo neste momento?	
Pessoais	Sexo	Grupo étnico
	Atividade física	Idade
	Altura	Índice de massa corporal
	Íngere bebida alcoólica?	Peso
	Fuma?	
Saúde	Olhos secos	Lágrimas nos olhos
	Uso de medicação	Irritação, coceira nos olhos
	Coriza, congestão nasal	Fadiga excessiva
	Dor de cabeça	Doença atual
	Irritação na garganta	Doenças na família
	Sensibilidade à luz	Chiado no peito
	Desconforto físico	Pele seca ou irritada
	Dores nas costas, nos pulsos ou nos braços	



A COLETA DAS VARIÁVEIS TÉRMICAS, PESSOAIS, DE SAÚDE E SUBJETIVAS



CÁLCULO DO METABOLISMO UTILIZANDO A OPINIÃO DOS SUJEITOS

$$Y = (0,303e^{-0,033M} + 0,028)L \quad \text{Equação 21}$$

$$L = (M - T) - [(C_{res} + E_{res} + (E_{atf} + E_s)_{conf} + C + R)] \quad \text{Equação 22}$$



Testes estatísticos (Spearman, Mann-Whitney e Kruskal-Wallis,  $\alpha=0,05$ ) para identificar a relação entre as variáveis selecionadas na 1ª etapa com a o metabolismo calculado na 2ª etapa



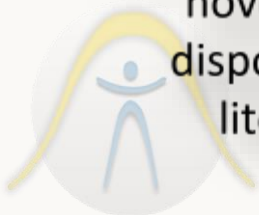
Construção do modelo de metabolismo selecionado em função das variáveis selecionadas na 4ª etapa



Cálculo do PMV utilizando o modelo criado na 4ª etapa



Comparação do PMV novo com os disponíveis na literatura



SELEÇÃO DAS VARIÁVEIS CONFORME A LITERATURA (MOREIRA ET AL. (2012), LUO ET AL. (2016), CHOI ET AL. (2012), RUAS (1999), XAVIER (2000))

Tipo	Indicadores	
<b>Sensação térmica</b>	Com relação à sua sensação térmica, como você está se sentindo neste momento?	
<b>Pessoais</b>	Sexo	Grupo étnico
	Atividade Física	Idade
	Altura	Índice de massa corporal
	Ingere bebida alcoólica?	Peso
	Fuma?	
<b>Saúde</b>	Olhos secos	Lágrimas nos olhos
	Uso de medicação	Irritação, coceira nos olhos
	Coriza, congestão nasal	Fadiga excessiva
	Dor de cabeça	Doença atual
	Irritação na garganta	Doenças na família
	Sensibilidade à luz	Chiado no peito
	Desconforto físico	Pele seca ou irritada
	Dores nas costas, nos pulsos ou nos braços	

# COLETA DAS VARIÁVEIS TÉRMICAS, PESSOAIS, DE SAÚDE E SUBJETIVAS



# CÁLCULO DO METABOLISMO UTILIZANDO A OPINIÃO DOS SUJEITOS

---

$$Y = (0,303e^{-0,036M} + 0,028)L$$

$$L = (M - T) - [(C_{res} + E_{res} + (E_{dif} + E_s)_{conf} + C + R)]$$



---

---

Testes estatísticos (Spearman, Mann-Whitney e Kruskal-Wallis,  $\alpha=0,05$ ) para identificar a relação entre as variáveis selecionadas na 1ª etapa com o metabolismo calculado na 2ª etapa



---

---

Construção do modelo de metabolismo selecionado em função das variáveis selecionadas na 4ª etapa





---

---

Cálculo do PMV  
utilizando o modelo  
criado na 4<sup>a</sup> etapa



---

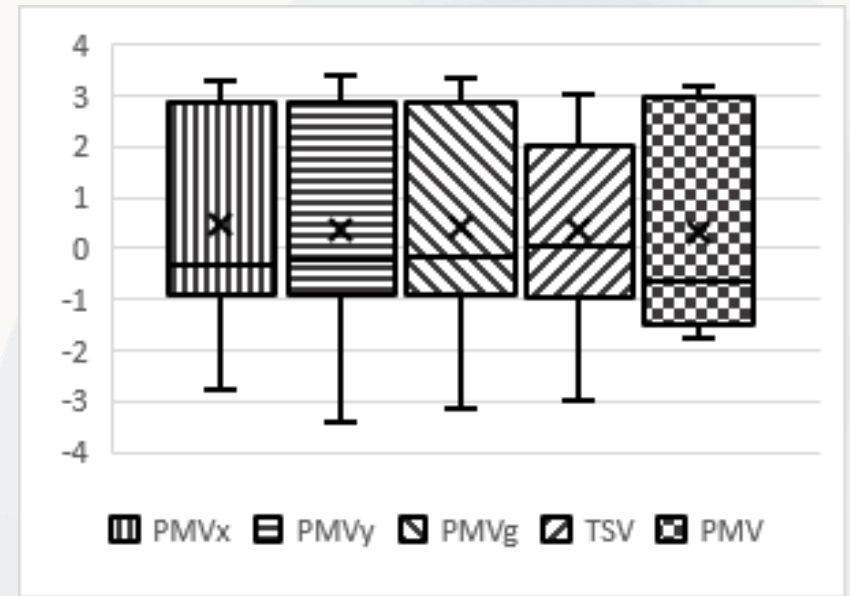
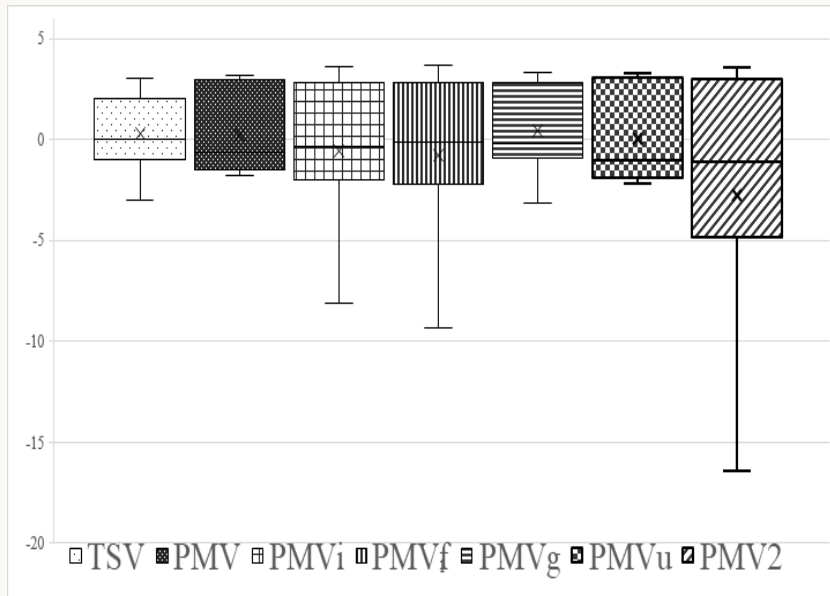
---

# Comparação do PMV novo com os da literatura consultada



# PROJETO PILOTO

$$\text{NívelDeAtividade} = 0,1092e^{0,0296MAP}$$



$$M = -0.863949 + 0.035009PADF - 0.090130 SX$$
$$M = -0.933338 + 0.036013 PADF - 0.085422MED$$



# RESULTADOS ESPERADOS

---

---

- Obter um modelo de metabolismo que gere um PMV mais similar à sensação térmica dos estudantes
- Obter um panorama completo do desenvolvimento do campo através da literatura
- Variáveis esperadas no modelo: medicamentos, gênero, dor de cabeça, presença de doenças e IMC ou peso.
- Questão idade
- Identificar diferenças entre o PMV das regiões brasileiras





UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO  
LABORATÓRIO DE ANÁLISE DO TRABALHO

# A INFLUÊNCIA DO METABOLISMO NO CÁLCULO DO PMV DA NORMA ISO 7730

Alinny Dantas Avelino

Luiz Bueno da Silva

Programa de Pós-graduação em Engenharia de produção



**CESET**

GRUPO DE PESQUISA EM  
CONFORTO, EFICIÊNCIA E  
SEGURANÇA NO TRABALHO