

**Universidade Estadual de Maringá**  
**Centro de Tecnologia**  
**Departamento de Informática**  
**Curso de Engenharia de Produção**

**Conforto Térmico no Ambiente de Trabalho**

*Heber Rabelo da Silva*

**TCC-EP-34-2008**

Universidade Estadual de Maringá  
Centro de Tecnologia  
Departamento de Informática  
Curso de Engenharia de Produção

## **Conforto Térmico no Ambiente de Trabalho**

*Heber Rabelo da Silva*

**TCC-EP-34-2008**

Monografia apresentada como requisito de avaliação no curso de graduação em Engenharia de Produção na Universidade Estadual de Maringá – UEM.  
Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup>: Veronice Slusarski Santana

**Maringá – Paraná  
2008**

**Heber Rabelo da Silva**

## **Conforto Térmico no Ambiente de Trabalho**

Este exemplar corresponde à redação final do Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Produção da Universidade Estadual de Maringá, pela comissão formada pelos professores:

---

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Veronice Slusarski Santana  
Departamento de Engenharia Química

---

Prof<sup>º</sup>. Wagner A. dos Santos Conceição  
Departamento de Engenharia Química

---

Prof<sup>º</sup>. Daily Morales  
Departamento de Informática

Maringá, setembro de 2008

## RESUMO

Este trabalho apresenta estudos e levantamentos a respeito do conforto térmico numa estampaaria que corta a malha ou algodão para fabricação de camisetas estampadas, terceirizando a costura. Por meio das observações dos equipamentos utilizados na estampaaria, verificou-se a diferença de temperaturas que esses equipamentos causavam devido ao seu funcionamento. Através da realização de coletas sistêmicas dos valores de temperaturas, obteve-se o perfil de temperatura de toda a empresa; podendo dessa maneira agir corretivamente para a minimização dos impactos dessa diferença de temperatura. O estudo evidenciou algumas questões importantes, tais como o aumento significativo da temperatura próximo aos equipamentos quando os mesmos estão em atividade; variações das temperaturas do ambiente conforme a demanda por equipamentos. Um outro fator interessante é que os dados utilizados no trabalho foram coletados no inverno e mesmo assim mostraram certo desconforto e não conformidade; o que quer dizer que no verão a situação é mais crítica.

Palavras-chave: Conforto; Ergonomia; Perfil de Temperatura.

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABELAS E QUADROS.....</b>	<b>vi</b>
<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE SIMBOLOS.....</b>	<b>ix</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	2
1.2 DEFINIÇÃO E DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA.....	2
1.3 OBJETIVOS.....	2
1.3.1 <i>Objetivo geral</i> .....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 AMBIENTE DE TRABALHO.....	3
2.2 AMBIENTE TÉRMICO.....	4
2.3 CONFORTO TÉRMICO.....	4
2.4 ÍNDICES DE CONFORTO TÉRMICO.....	5
2.4.1 <i>Aspectos históricos</i> .....	5
2.4.2 <i>Classificação</i> .....	5
2.5 BALANÇO TÉRMICO DO CORPO.....	6
2.6 TROCAS TÉRMICAS.....	9
2.6.1 <i>Troca por convecção</i> .....	10
2.6.2 <i>Troca por Radiação</i> .....	10
2.6.3 <i>Troca por evaporação</i> .....	11
2.6.4 <i>Condução bidimensional de calor em regime permanente</i> .....	11
2.6.4.1 Método de separação de variáveis (Aproximação Analítica).....	12
2.6.4.2 Método gráfico .....	13
2.6.4.2.1 Fator de forma da condução .....	13
2.6.4.2.2 Equações de diferenças finitas (Método Numérico) .....	14
2.6.4.2.2.1 Rede Nodal .....	14
2.6.4.2.2.2 Soluções por diferenças finitas .....	17
2.6.4.2.2.3 Método da inversão matricial .....	17
<b>3 DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>19</b>
<b>4 ESTUDO DE CASO .....</b>	<b>20</b>
4.1 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA .....	20
4.2 EQUIPAMENTOS.....	21
4.2.1 <i>Mesa de Corte</i> .....	21
4.2.2 <i>Máquina de Corte</i> .....	21
4.2.3 <i>Mesa Elétrica</i> .....	22
4.2.4 <i>Prensa Térmica Elétrica</i> .....	22
4.2.5 <i>Soprador Térmico</i> .....	23
4.2.6 <i>Flash-Cure</i> .....	23
4.2.7 <i>Prensa Térmica Elétrica Pneumática</i> .....	24
4.2.8 <i>Gravador de tela</i> .....	24
4.3 O EXPERIMENTO.....	25
4.4 SETORES DA EMPRESA LOGICAMENTE DIVIDIDOS.....	26
4.4.1 <i>Setor de Comunicação Visual</i> .....	26
4.4.2 <i>Setor de Administração e Recepção</i> .....	35
4.4.3 <i>Setor de Estamparia e Corte</i> .....	39
4.5 METODOLOGIA .....	47
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>51</b>

5.1	ANÁLISE DO SETOR DE COMUNICAÇÃO VISUAL .....	52
5.2	ANÁLISE DO SETOR DE ADMINISTRAÇÃO E RECEPÇÃO.....	59
5.3	ANÁLISE DO SETOR DE ESTAMPARIA E CORTE.....	65
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>72</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>73</b>
	<b>APÊNDICES .....</b>	<b>74</b>

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – CONDUÇÃO BIDIMENSIONAL DE CALOR .....	11
FIGURA 2 – CONDUÇÃO BIDIMENSIONAL EM UMA PLACA FINA OU EM UMA BARRA RETANGULAR LONGA.....	12
FIGURA 3 – CONDUÇÃO BIDIMENSIONAL. (A) REDE AXIAL; (B) APROXIMAÇÃO POR DIFERENÇAS FINITAS .....	14
FIGURA 4 – CONDUÇÃO PARA O NÓ INTERNO A PARTIR DOS NÓS ADJACENTES (INCROPERA E WITT, 1998). ....	16
FIGURA 5 – MESA DE CORTE.....	21
FIGURA 6 – TESOURA ELÉTRICA. ....	22
FIGURA 7 – MESA TÉRMICA.....	22
FIGURA 8 – PRENSA ELÉTRICA.....	23
FIGURA 9 – SOPRADOR TÉRMICO.....	23
FIGURA 10 – FLASH-CURE. ....	24
FIGURA 11 – PRENSA TÉRMICA PNEUMÁTICA.....	24
FIGURA 12 – GRAVADOR DE TELA.....	25
FIGURA 13 – SETOR DE COMUNICAÇÃO VISUAL LOGICAMENTE DIVIDIDO EM PONTOS NODAIS.....	26
FIGURA 14 – SETOR DE COMUNICAÇÃO VISUAL - ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS TEMPERATURAS NO PONTO 1.....	27
FIGURA 15 – SETOR DE COMUNICAÇÃO VISUAL - ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS TEMPERATURAS NO PONTO 2.....	28
FIGURA 16 – SETOR DE COMUNICAÇÃO VISUAL - ANÁLISE DA INFLUÊNCIA DAS TEMPERATURAS NO PONTO 10... 30	28
FIGURA 17 – SETOR DE ADMINISTRAÇÃO E RECEPÇÃO LOGICAMENTE DIVIDIDO EM PONTOS NODAIS .....	35
FIGURA 18 – SETOR DE ESTAMPARIA E CORTE LOGICAMENTE DIVIDIDO EM PONTOS NODAIS .....	39
FIGURA 19 – TELA DO SISTEMA VCN – CÁLCULO NUMÉRICO .....	48
FIGURA 20 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 08:00 HRS – EQUIPAMENTOS DESLIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 08:00 HRS – EQUIPAMENTOS DESLIGADOS (SETOR DE COMUNICAÇÃO VISUAL).....	54
FIGURA 21 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 09:30 HRS – EQUIPAMENTOS LIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 09:30 HRS – EQUIPAMENTOS LIGADOS (SETOR DE COMUNICAÇÃO VISUAL). ....	55
FIGURA 22 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 10:30 – EQUIPAMENTOS LIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 10:30 HRS – EQUIPAMENTOS LIGADOS (SETOR DE COMUNICAÇÃO VISUAL). ....	56
FIGURA 23 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 13:00 HRS – EQUIPAMENTOS DESLIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 13:00 HRS – EQUIPAMENTOS DESLIGADOS (SETOR DE COMUNICAÇÃO VISUAL).....	57
FIGURA 24 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 14:30 – EQUIPAMENTOS LIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 14:30 HRS – EQUIPAMENTOS LIGADOS (SETOR DE COMUNICAÇÃO VISUAL). ....	58
FIGURA 25 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 08:00 HRS – EQUIPAMENTOS DESLIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 08:00 HRS – EQUIPAMENTOS DESLIGADOS (SETOR DE ADMINISTRAÇÃO E RECEPÇÃO).....	60
FIGURA 26 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 09:30 HRS – EQUIPAMENTOS LIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 09:30 HRS – EQUIPAMENTOS LIGADOS (SETOR DE ADMINISTRAÇÃO E RECEPÇÃO). ....	61
FIGURA 27 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 10:30 – EQUIPAMENTOS LIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 10:30 HRS – EQUIPAMENTOS LIGADOS (SETOR DE ADMINISTRAÇÃO E RECEPÇÃO).....	62
FIGURA 28 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 13:00 HRS – EQUIPAMENTOS DESLIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 13:00 HRS – EQUIPAMENTOS DESLIGADOS (SETOR DE ADMINISTRAÇÃO E RECEPÇÃO).....	63

FIGURA 29 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 14:30 – EQUIPAMENTOS LIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 14:30 HRS– EQUIPAMENTOS LIGADOS (SETOR DE ADMINISTRAÇÃO E RECEPÇÃO).....	64
FIGURA 30 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 08:00 HRS – EQUIPAMENTOS DESLIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 08:00 HRS – EQUIPAMENTOS DESLIGADOS (SETOR DE ESTAMPARIA E CORTE). ....	66
FIGURA 31 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 09:30 HRS – EQUIPAMENTOS LIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 09:30 HRS– EQUIPAMENTOS LIGADOS (SETOR DE ESTAMPARIA E CORTE).....	67
FIGURA 32 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 10:30 – EQUIPAMENTOS LIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 10:30 HRS– EQUIPAMENTOS LIGADOS (SETOR DE ESTAMPARIA E CORTE).....	68
FIGURA 33 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 13:00 HRS – EQUIPAMENTOS DESLIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 13:00 HRS– EQUIPAMENTOS DESLIGADOS (SETOR DE ESTAMPARIA E CORTE).....	69
FIGURA 34 – PERFIL DE TEMPERATURA (A) ÀS 14:30 – EQUIPAMENTOS LIGADOS E (B) COM FUGA DE CALOR ÀS 14:30 HRS– EQUIPAMENTOS LIGADOS (SETOR DE ESTAMPARIA E CORTE).....	70
FIGURA 35 – TELA DE RESULTADO DO SOFTWARE CONFORTO 2.03.....	71



## LISTA DE TABELAS E QUADROS

TABELA 1 – METABOLISMO PARA DIFERENTES ATIVIDADES .....	8
QUADRO 1 – COMUNICAÇÃO VISUAL - EQUAÇÕES DE CONDUÇÃO DE CALOR PARA CADA PONTO NODAL .....	32
QUADRO 2 – ADMINISTRAÇÃO E RECEPÇÃO - EQUAÇÕES DE CONDUÇÃO DE CALOR PARA CADA PONTO NODAL..	36
QUADRO 3 – ESTAMPARIA E CORTE - EQUAÇÕES DE CONDUÇÃO DE CALOR PARA CADA PONTO NODAL.....	40

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPZ	Control Potencial Zone
PMV	Voto Médio Predito
PPD	Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas
HSI	Índice de Stress por Calor
SWreq	Índice da Taxa Requerida de Suor

## LISTA DE SÍMBOLOS

$m$  – Massa [kg];

$P_{\text{vap}}$  – Pressão parcial do vapor de água do ar ambiente [Pa];

$Q_{\text{cond}}$  – Calor transferido por condução por unidade de área [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];

$Q_{\text{conv}}$  – Calor transferido por convecção por unidade de área [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];

$Q_{\text{rad}}$  – Calor transferido por radiação por unidade de área [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];

$Q_{\text{evap}}$  – Calor transferido por evaporação por unidade de área [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];

$S$  – termo de acumulação de energia no corpo por unidade de área [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];

$V_{\text{ar}}$  – Velocidade média do ar [m/s];

$T_{\text{a}}$  – Temperatura seca do ar ambiente [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$T_{\text{pele}}$  – Temperatura da pele do corpo humano [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$T_{\text{rm}}$  – Temperatura média radiante dos elementos opacos do espaço [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$T_{\text{u}}$  – Índice de Turbulência [%];

$T_{\text{vest}}$  – Temperatura exterior do vestuário [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$W$  – Trabalho realizado para o exterior por unidade de área [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];

$q_r$  – Intensidade do fluxo térmico por radiação por unidade de área [ $\text{W}/\text{m}^2$ ];

$h_r$  – Coeficiente de trocas térmicas por radiação [ $\text{W}/\text{m}^2\text{C}$ ];

$\theta$  – Temperatura da superfície da parede considerada [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$\theta_r$  – Temperatura radiante relativa às demais superfícies [ $^{\circ}\text{C}$ ].

# 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho discute o CONFORTO TÉRMICO em uma estampa, a qual estampa e corta as malhas para serem produzidas as respectivas peças (camisetas, blusas, bermudas, moletons), ou seja, de certa forma “terceirizando” todo o processo de produção. Para avaliar o nível de ergonomia e o conforto térmico nesse ambiente, houve-se a necessidade de conhecer todos os processos e os equipamentos utilizados na realização de cada processo, mas superficialmente, pois o nosso foco principal é o conforto térmico do ambiente de trabalho, e o impacto da influência da variação climática no setor produtivo.

Visando alcançar uma relação sistemática que possibilite a ergonomia estabelecer critérios e sugestões para uma relação harmoniosa entre o ambiente de trabalho e trabalhadores, vários itens podem ser analisados.

Fazendo-se uso do conceito e das aplicabilidades de Redes Nodais, estudado na disciplina de Fenômenos de Transporte, o ambiente de trabalho foi logicamente dividido em uma rede nodal que nos evidenciou uma determinada quantidade de “nós” ou pontos, e com o auxílio de um termômetro de mercúrio foi realizada a coleta de temperaturas em um determinado número de “nós” ou pontos previamente escolhidos de acordo com as características dos equipamentos que os cercam. Posteriormente foi feito, com o auxílio de métodos e expressões matemáticas, o cálculo das temperaturas dos “nós” restantes, com o programa computacional Matlab foi montado os gráficos de perfil de temperatura, identificando o fluxo de calor, as regiões mais quentes e as mais frias no interior de cada setor e por fim foi possível avaliar a relação de conformidade com as normas estabelecidas por órgãos competentes.

Embasando-se na análise desse estudo há como julgar e conhecer a ergonomia como conforto térmico realizada na estampa, com o estudo de caso. O diagnóstico da produção na estampa em relação à ergonomia e essas diferenças constantes de temperaturas que os diversos equipamentos ocasionam, permitiu detectar os pontos fortes que podem ser melhorados e apontar os pontos fracos que necessitam ser corrigidos, para que haja uma relação satisfatória entre o ambiente de trabalho, trabalhador e o trabalho em si. É extremamente importante compreender que para existir um alto nível de qualidade no processo, é necessário encontrar falhas que impeçam o sucesso de um bom trabalho. A partir do momento que as causas das falhas tornam-se evidentes, deve-se trabalhar para reduzir ou até mesmo eliminar essas causas, e adequar o ambiente de trabalho a um lugar ergonômico e

confortável para o desenvolvimento das atividades rotineiras, aumentando assim a produtividade e conquistando a confiança dos clientes com produtos de altíssima qualidade.

### **1.1 Justificativa**

A escolha de determinado tema se desenvolveu pelo interesse no estudo da disciplina Fenômenos de Transporte e por sua aplicabilidade prática no ambiente de trabalho em que estava sendo realizado o estágio supervisionado.

### **1.2 Definição e delimitação do problema**

A análise do conforto térmico é um aliado à ergonomia no ambiente de trabalho, já que as temperaturas nos diversos locais físicos de trabalho variam de acordo com o equipamento que está sendo utilizado naquele determinado momento para que o trabalho seja executado; e a respectiva influência dessas variações de temperaturas na vida do funcionário.

### **1.3 Objetivos**

Este trabalho apresenta um objetivo geral e objetivos específicos.

#### **1.3.1 Objetivo geral**

Determinar o perfil de temperatura do ambiente de trabalho e avaliar a influência e o impacto do mesmo no conforto térmico dos trabalhadores.

#### **1.3.2 Objetivos específicos**

Subdividir o ambiente de produção na forma de uma rede nodal, e coletar dados referentes aos diversos processos produtivos para poder monitorar e manter a temperatura ambiente em nível climatizável.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

De acordo com a ISO 7730, um ambiente é dito como de Conforto Térmico, quando não mais do que 10% de seus ocupantes se sintam desconfortáveis.

A preocupação científica do homem com o seu conforto térmico é muito antiga, exemplo disso é a obra "History and Art of Warming and Ventilation Rooms and Buildings", escrita por Walter Bernan e publicada em 1845. Nela o autor prevê que a criação e o controle de ambientes climáticos artificiais assumirão a dimensão de uma ciência que contribuirá para o desenvolvimento da humanidade, para a preservação da saúde e para a longevidade do ser humano (RUAS, 1999).

SZOKOLAY (1987) desenvolveu um método, chamado CPZ (Control Potencial Zone), de análise de clima e projeto, no qual os dados climáticos são calculados e transferidos para uma carta psicométrica, marcando-se a zona de conforto a partir da temperatura neutra ( $T_n$ ), que é variável conforme o clima e está relacionada com a temperatura média externa. Sobre a mesma carta são definidas seis zonas básicas de controle climático.

### 2.1 Ambiente de Trabalho

Entende-se por ambiente de trabalho um conjunto de fatores interdependentes, materiais ou abstratos, que atua direta e indiretamente na qualidade de vida das pessoas e nos resultados dos seus trabalhos (WADA, 1990).

Segundo VERDUSSEN (1978), um ambiente de trabalho é o resultado de um complexo de fatores, materiais ou subjetivos, todos importantes e que, tantas vezes, são tão fáceis de serem atendidos. Entretanto, o custo de qualquer melhoria ambiental é investimento altamente rentável, pagando-se regamente com o conseqüente aumento de produtividade, redução dos acidentes, doenças ocupacionais e abstencionismo, além de proporcionar um melhor relacionamento empresa-empregado. Independentemente da função exercida, e seja ela em uma fábrica, escritório ou qualquer outro departamento; o ambiente de trabalho deve ser sadio e prazeroso para o desenvolvimento adequado e satisfatório das funções nele envolvidas. É necessário encontrar formas e condições de trabalho que lhe ofereça maior proteção possível e ao mesmo tempo traga satisfação pelo trabalho realizado.

Segundo SANTOS e FIALHO (1997), por meio de ambiente de trabalho entende-se tudo o que está relacionado às condições físicas, químicas e biológicas ambientais que podem

exercer sobre os trabalhadores condicionantes sobre suas atividades de trabalho. Os fatores ambientais interessam à ergonomia na medida em que dificultam a execução de uma tarefa, seja ao nível de percepção de um sinal, seja ao nível da elaboração das respostas.

Através desse entendimento e da correlação entre homem e ambiente de trabalho foi avaliado o impacto que a diferença de temperatura no ambiente em análise irá exercer sobre o desempenho das tarefas.

## **2.2 Ambiente Térmico**

A temperatura é um ponto que deve merecer o maior cuidado, quando se busca criar adequadas condições ambientais de trabalho. Há temperatura que nos dá sensação de conforto, enquanto outras, por serem muito elevadas ou extremamente baixas, tornam-se desagradáveis ou até prejudiciais à saúde. Certamente que muitos fatores pesam para a determinação da agradabilidade ou não de uma temperatura, quer sejam humanos ou físicos. Assim, dependendo do estado geral como idade, raça, e hábitos, uma mesma temperatura pode causar diferentes sensações em diferentes indivíduos de uma população. Da mesma forma, o grau de umidade do ambiente e a velocidade de circulação do ar podem fazer com que uma temperatura seja mais ou menos suportável. Há, entretanto, limites válidos para qualquer situação (VERDUSSEN, 1978).

Os fatores térmicos de um ambiente podem ser avaliados da seguinte forma:

- Temperatura do ar: Utilizando termômetro de mercúrio com escala em graus celsius.
- Umidade do ar: Utilizando psicrômetro ou higrômetro.
- Velocidade de circulação do ar: Utilizando anemômetro de pás.
- Calor radiante: Utilizando termômetro de globo.

## **2.3 Conforto térmico**

JABARDO (1984) cita uma definição de conforto térmico da ASHRAE (1981): “Um estado de espírito que reflete satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa”. Desta forma, considerações fisiológicas e psicológicas estão envolvidas nesta definição, que dependem individualmente de cada pessoa.

## **2.4 Índices de conforto térmico**

Este índice representa a temperatura sentida pelo corpo humano em ambiente cuja temperatura do ar é superiores a 27°C e a umidade do ar superior a 40%. Tendo em vista que o conforto é expresso pela satisfação dos ocupantes, a forma mais apropriada para medi-lo é perguntar aos ocupantes se estes se sentem confortáveis.

### **2.4.1 Aspectos históricos**

FROTA e SCHIFFER (1987) relataram que os primeiros estudos acerca da influência das condições termo-higrométricas sobre o rendimento no trabalho foram desenvolvidas pela Comissão Americana da Ventilação; o objetivo desses estudos e pesquisas era determinar a influência das condições termo-higrométricas no rendimento do trabalho, visando, principalmente, ao trabalho físico do operário, aos interesses de produção surgidos com a Revolução Industrial e às situações especiais de guerra, quando as tropas são deslocadas para regiões de diferentes tipos de clima. Esses estudos vieram confirmar os resultados encontrados anteriormente.

- para o trabalho físico, o aumento da temperatura ambiente de 20°C para 24°C, diminui o rendimento em 15%;
- a 30°C de temperatura ambiente, com umidade relativa 80%, o rendimento cai 28%;

Os índices de conforto térmico procuram englobar, em um único parâmetro, o efeito conjunto dessas variáveis. E, em geral, esses índices são desenvolvidos fixando um tipo de atividade e a vestimenta utilizada pelo indivíduo para, a partir daí, relacionar as variáveis do ambiente e reunir, sob a forma de cartas ou nomogramas, as diversas condições ambientais que proporcionam respostas iguais por parte dos indivíduos.

### **2.4.2 Classificação**

Vários autores têm procurado classificar estes índices de conforto sob diversos aspectos, conforme o modelo físico adotado. Dentre eles, MEXIA de ALMEIDA (apud FROTA, 1979) definiu-os em 3 grupos: Biofísicos, Fisiológicos e Subjetivos. VILLAS BOAS (1983), agrupa-os como Biometeorológicos e diferencia-os em dois tipos: Meteorológicos e Fisiológicos. SCARAZZATO (1988) agrupa-os em 3 tipos: Termométricos ou Fisiológicos, Subjetivos e Psicofisiológicos.



Seguindo o conceito de FROTA e SCHIFFER (2001), tem-se a definição dos 3 índices a seguir:

- Índices biofísicos – que se baseiam nas trocas de calor entre o corpo e o ambiente, correlacionando os elementos de conforto com as trocas de calor que dão origem a esses elementos;
- Índices fisiológicos – que se baseiam nas reações fisiológicas originadas por condições conhecidas de temperatura seca do ar, temperatura radiante média, umidade do ar e velocidade do ar;
- Índices subjetivos – que se baseiam nas sensações subjetivas de conforto experimentadas em condições em que os elementos de conforto térmico variam.

Ainda segundo FROTA e SCHIFFER (2001), os índices de conforto térmicos mais aplicáveis às condições climáticas brasileiras e às condições correntes nas edificações que abrigam residências, escolas ou escritórios, por exemplo, são: Carta Bioclimática, de OLGAYAY e OLGAYAY (1957); Temperatura Efetiva, de Yaglou e Houghthen; e o Índice de Conforto Equatorial ou Índice de Cingapura, de Webb. E por outro lado, a metodologia proposta por FANGER (1970) e as normas ISO 7730 e ISO 7933; os índices calculados para o conforto são PMV, PPD, TSEN e DISC, os dois últimos do modelo de dois nós por GAGGE et al (1986). Da mesma forma para o stress térmico, HSI (índice de Stress por Calor) e SWreq (Índice da Taxa Requerida de Suor).

## 2.5 Balanço térmico do corpo

Compreendendo o raciocínio de RUAS (1999), sabe-se que o homem produz energia interna a partir da transformação dos alimentos. Essa energia é consumida na manutenção das funções fisiológicas vitais, na realização de trabalhos mecânicos externos (atividade muscular) e o restante é liberado na forma de calor. A produção de calor é contínua e aumenta com o esforço físico executado.

A área superficial do corpo pode ser estimada pela seguinte equação proposta por Du Bois ASHRAE (1997).

$$A_s = 0,202 \cdot M_C^{0,425} \cdot A_C^{0,725} \quad (1)$$

Sendo:

$A_S$  a área superficial do corpo ( $m^2$ ).

$M_C$  a massa do corpo (Kg).

$A_C$  a altura da pessoa (m).

Dessa maneira, utilizando as características do homem e da mulher padrão estabelecidos na ISO 8996, as respectivas áreas superficiais do corpo são:

Homem padrão ( $A_C = 1,7$  m;  $M_C = 70$  kg), tem-se:  $A_S = 1,8$   $m^2$

Mulher padrão ( $A_C = 1,6$  m;  $M_C = 60$  kg), tem-se:  $A_S = 1,6$   $m^2$

A Tabela 1 apresenta a energia produzida pelo metabolismo para distintas atividades (RUAS, 1999). Nela os valores são dados na unidade Met: 1 Met = 58,2 W/ $m^2$  ou 50 Kcal/ $m^2$ .h. Logo, 1 Met equivalerá a:

Homem padrão  $\Rightarrow$  1 Met = 58,2 .  $A_S \approx 105$  W

Mulher padrão  $\Rightarrow$  1 Met = 58,2 .  $A_S \approx 93$ W

O corpo humano é um sistema termodinâmico que produz calor e interage termicamente com o meio que o circunda. Assim, as trocas entre o corpo humano e o ambiente podem, de forma simplificada, ser representadas pela seguinte equação:

$$C_{met} + C_{conv} + C_{rad} - C_{ev} = \pm Q \quad (2)$$

Sendo:

$C_{met}$  a parcela da energia metabólica transformada em calor por unidade de área (W/ $m^2$ ).

$C_{conv}$  o calor trocado por convecção por unidade de área (W/ $m^2$ ).

$C_{rad}$  o calor trocado por radiação por unidade de área (W/ $m^2$ ).

$C_{ev}$  o calor perdido por evaporação do suor por unidade de área (W/ $m^2$ ).

$Q$  o calor total trocado pelo corpo por unidade de área (W/ $m^2$ ).

Quando o valor de  $Q$  na equação (2) for igual a zero, o corpo estará em equilíbrio térmico, e a primeira condição para a obtenção do conforto térmico terá sido satisfeita. Essa condição é necessária, mas não suficiente, uma vez que o desconforto ocorre mesmo quando o equilíbrio térmico do organismo é mantido pelo sistema termorregulador (RUAS, 1999).

Tabela 1 – Metabolismo para diferentes atividades

Atividade	(Met)	(W/m <sup>2</sup> )
<b>1. Repouso</b>		
* Dormindo	0,7	40,7
* Reclinado	0,8	46,6
* Sentado, quieto	1,0	58,2
* Em pé, sem esforço	1,2	69,8
<b>2. Andando</b>		
2.1 Superfície plana sem carga		
* 2 Km/ h	1,9	110
* 3 Km/ h	2,4	140
* 4 Km/ h	2,8	165
* 5 Km/ h	3,4	200
2.2 Superfície plana com carga, 4 Km/ h		
* 10 Kgf	3,2	185
* 30 Kgf	4,3	250
* 50 Kgf	6,2	360
2.3 Aclive e sem carga, 3 Km/ h.		
* inclinação 5°	3,3	195
* inclinação 10°	4,7	275
* inclinação 15°	6,7	390
2.4 Declive e sem carga, 5 Km/ h.		
* inclinação de 5°	2,2	130
* inclinação de 10°	1,9	115
* inclinação de 15°	2,1	120
2.5 Subindo escada, altura do degrau 0,17m.		
* 80 degraus por minuto	7,6	440
2.6 Descendo escada, altura do degrau 0,17m.		
* 80 degraus por minuto	2,7	155
<b>3. Indústria da construção civil</b>		
3.1 Assentamento de tijolos (construindo muro de mesma área)		
* tijolo sólido (peso de 3,8 Kgf)	2,6	150
* tijolo furado (peso de 4,2 Kgf)	2,4	140
* bloco furado (peso de 15,3 Kgf)	2,1	125
* bloco furado (peso de 23,4 Kgf)	2,3	135
3.2 Colocando pedregulho num carrinho	4,7	275
3.3 Empurrando carrinho em terreno plano, Carga de 100 Kgf, velocidade de 4,5 Km/ h	3,9	230
3.4 Misturando argamassa	2,7	155
3.5 Fazendo fôrma para concretagem	3,1	180
3.6 Concretando fundação	4,7	275
3.7 Compactando concreto com vibrador	3,8	220
3.8 subindo em escada portátil com 70° de inclinação, velocidade de 11,2 m/ min.		
* sem carga	5,0	290
* com 20 Kgf de carga	6,2	360
3.9 Cavando vala	4,6 a 5,3	270 a 310
<b>4. Serviço de carpintaria</b>		
4.1 Serrando manualmente	4,0 a 4,8	233 a 280
4.2 Serrando com máquina	4,8 a 2,2	105 a 128
4.3 Aplainando manualmente	5,6 a 6,4	326 a 372
<b>5 Trabalho com fundição</b>		
5.1 Moldagem manual de peças		
* peças de tamanho pequeno	2,4	140
* peças de tamanho médio	4,9	285
* usando martetele pneumático	3,0	175

Tabela 1 – Metabolismo para diferentes atividades (continuação)

Atividade	(Met)	(W/m <sup>2</sup> )
5.2 Limpeza e rebarbação		
* trabalho com martelo pneumático	3,0	175
* esmerilhamento, corte	3,0	175
<b>6. Indústria Mecânica</b>		
6.1 Trabalho em máquina ferramenta		
* leve (ajustar, montar)	1,7	100
* médio	2,4	140
* pesado	3,6	210
6.2 Trabalho com ferramenta manual		
* leve (polimento leve)	1,7	100
* médio (polimento)	2,7	160
* pesado (furação pesada)	3,9	230
<b>7. Agricultura</b>		
7.1 Escavando com pá (24 levantamentos/ min)	6,5	380
7.2 Cavando com enxada (peso da enxada 1,25 Kgf)	2,9	170
7.3 Arando com junta de cavalos	4,0	235
7.4 Arando com trator	2,9	170
7.5 Aplicando fertilizante na terra		
* manualmente	4,8	280
* com máquina puxada por cavalos	4,3	250
* com trator	1,6	95
<b>8. Trabalho doméstico</b>		
8.1 Limpando a casa	1,7 a 3,4	100 a 200
8.2 Cozinhando	1,4 a 2,3	80 a 135
8.3 Lavando a louça, em pé	2,5	145
8.4 Lavando e passando a ferro	2,1 a 3,8	120 a 220
8.5 Fazendo compras	1,4 a 1,8	81 a 105
<b>9. Trabalho no escritório</b>		
9.1 Datilografando	1,2 a 1,4	70 a 80
9.2 Desenhando	1,1 a 1,3	64 a 76
<b>10. Motorista</b>		
* Carro	1,5	87
* Veículo pesado	3,2	186
* Motocicleta	2,0	116
<b>11. Outras atividades</b>		
11.1 Balconista	2,0	116
11.2 Professor	1,6	93
11.3 Borracheiro	2,2 a 3,0	128 a 175
11.4 Laboratorista	1,4 a 1,8	81 a 105
11.5 Trabalho leve em bancada e sentado	1,1	64

Fonte: RUAS, 1999.

## 2.6 Trocas térmicas

No balanço térmico do corpo, o excedente de energia produzida no metabolismo é transformado em calor que tem de ser imediatamente liberado para o meio, a fim de que a temperatura interna do corpo mantenha-se constante (RUAS, 1999). Basicamente são três os mecanismos de troca térmica do corpo humano com o ambiente: Convecção, Radiação e Evaporação.

### 2.6.1 Troca por convecção

Para FROTA e SCHIFFER (2001), convecção é a troca de calor entre dois corpos, sendo um deles sólido e o outro um fluido (líquido ou gás) em movimento.

O fluxo térmico por convecção é dado por:

$$q_c = h_c(t - \theta) \quad (3)$$

Sendo:

$q_c$  a intensidade do fluxo térmico por convecção por unidade de área ( $\text{W}/\text{m}^2$ );

$h_c$  o coeficiente de trocas térmicas por convecção ( $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ );

$t$  a temperatura do ar ( $^{\circ}\text{C}$ );

$\theta$  a temperatura da superfície do sólido ( $^{\circ}\text{C}$ ), sendo que  $t > \theta$  ou  $\theta > t$ .

### 2.6.2 Troca por Radiação

Ainda usando os conceitos de FROTA e SCHIFFER (2001), a radiação é o mecanismo de troca de calor entre dois corpos — que guardam entre si uma distância qualquer — através de sua capacidade de emitir e de absorver energia térmica. Esse mecanismo de troca é consequência da natureza eletromagnética da energia, que, ao ser absorvida, provoca efeitos térmicos, o que permite sua transmissão sem necessidade de meio para propagação, ocorrendo mesmo no vácuo.

O fluxo de calor por radiação é dado por:

$$q_r = h_r(\theta - \theta_r) \quad (4)$$

Sendo:

$q_r$  a intensidade do fluxo térmico por radiação por unidade de área ( $\text{W}/\text{m}^2$ );

$h_r$  o coeficiente de trocas térmicas por radiação ( $\text{W}/\text{m}^2\text{°C}$ );

$\theta$  a temperatura da superfície do corpo em questão ( $^{\circ}\text{C}$ );

$\theta_r$  a temperatura radiante relativa às demais superfícies ( $^{\circ}\text{C}$ ).

### 2.6.3 Troca por evaporação

Quando as condições ambientais fazem com que as perdas de calor do corpo humano por convecção e radiação não sejam suficientes para regular a sua temperatura interna, o organismo intensifica a atividade das glândulas sudoríparas e perde calor pela evaporação da umidade (suor) que se forma na pele. A explicação é simples: simultaneamente à transpiração ocorre a evaporação do suor, esse é um fenômeno endotérmico, isto é, para ocorrer precisa de calor cedido pelo corpo. De forma simplificada, pode-se dizer que um líquido evaporando sobre uma superfície quente extrai calor dessa superfície, resfriando-a (RUAS, 1999).

### 2.6.4 Condução bidimensional de calor em regime permanente.

Em muitos casos, o tratamento unidimensional de transferência de calor representa uma simplificação inapropriada, e torna-se necessário avaliar os efeitos multidimensionais. Conforme INCROPERA e WITT (1998), para condições bidimensionais de transferência de calor em regime permanente e sem geração de calor, tem-se a equação geral de transferência de calor na forma:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \quad (5)$$

O perfil de distribuição de temperatura bidimensional (isotermas) e os fluxos de calor podem ser observados da Figura 1.

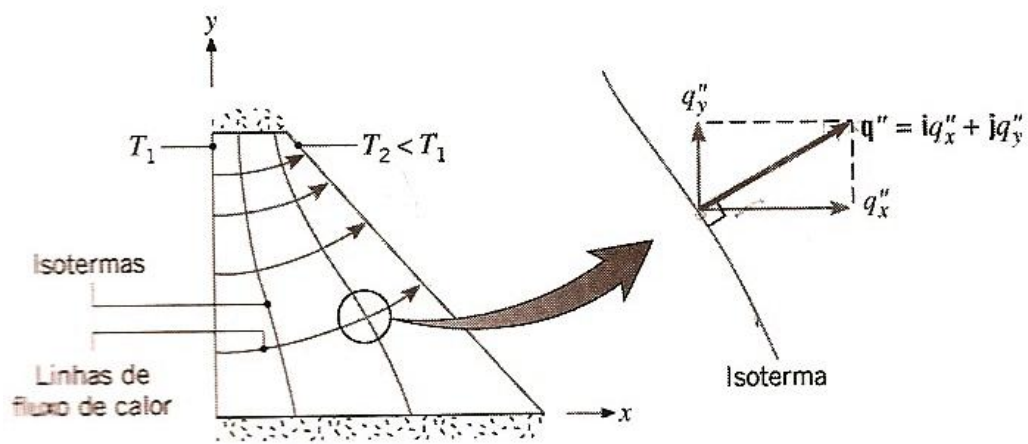


Figura 1 – Condução Bidimensional de Calor

Então para determinar a temperatura em um determinado ponto (que depende das coordenadas  $x$  e  $y$ ) é necessário determinar  $q_y$  e  $q_x$  (Figura 1). Existem três métodos para resolver a equação 5, que são:

- Aproximação Analítica;
- Método Gráfico;
- Método Numérico.

#### 2.6.4.1 Método de separação de variáveis (Aproximação Analítica)

Considere três lados de uma placa retangular fina ou uma barra longa retangular que são mantidos a  $T_1$ , enquanto o quarto lado é mantido a  $T_2$ , sendo  $T_2 \neq T_1$ , conforme Figura 2 (INCROPERA e WITT, 1998).

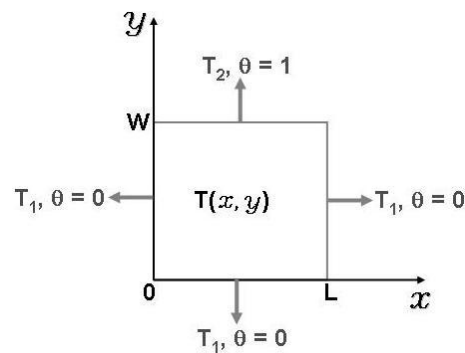


Figura 2 – Condução bidimensional em uma placa fina ou em uma barra retangular longa.

Para simplificar a solução define-se:

$$\theta \equiv \frac{T - T_1}{T_2 - T_1} \quad (6)$$

Substituindo na equação 5, tem-se:

$$\frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial y^2} = 0 \quad (7)$$

Assumindo as seguintes condições de contorno:

$$\begin{aligned}\theta(0, y) &= 0 & \theta(x, 0) &= 0 \\ \theta(L, y) &= 0 & \theta(x, w) &= 1\end{aligned}$$

Aplicando agora a técnica de separação de variáveis em  $\theta(x, y)$ , temos uma solução na forma:

$$\theta(x, y) = X(x) \cdot Y(y) \quad (8)$$

ou seja, X é dependente apenas de x e Y apenas de y. Substituindo na equação 7 e dividindo por XY, tem-se:

$$-\frac{1}{X} \frac{d^2 X}{dx^2} = \frac{1}{Y} \frac{d^2 Y}{dy^2} \quad (9)$$

A solução final para esta equação é:

$$\theta(x, y) = \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} + 1}{n} \cdot \text{sen}\left(\frac{n \cdot \pi \cdot x}{L}\right) \cdot \frac{\text{senh}(n \cdot \pi \cdot y / L)}{\text{senh}(n \cdot \pi \cdot w / L)} \quad (10)$$

A equação 10 é uma série convergente, a partir da qual o valor de  $\theta$  pode ser calculado para x e y.

### 2.6.4.2 Método gráfico

O método gráfico pode ser empregado para problemas bidimensionais envolvendo fronteiras adiabáticas e isotermas. Embora o procedimento tenha sido superado por soluções computadorizadas baseadas em procedimentos numéricos, ele pode ser utilizado para se obter uma primeira estimativa da distribuição de temperatura e para se desenvolver a compreensão física da natureza do campo de temperatura e fluxo de calor (INCROPERA e WITT, 1998).

#### 2.6.4.2.1 Fator de forma da condução

A taxa de transferência de calor segundo o fator de forma pode ser expressa por:

$$q = S \cdot k \cdot \Delta T_{1-2} \quad (11)$$

Sendo:

S o fator de forma e;

$\Delta T_{1-2}$  a variação de temperatura entre dois pontos.



A resistência térmica em um sistema bidimensional pode ser expressa como:

$$R_{t,cond(2D)} = \frac{1}{S.k} \quad (12)$$

Fatores de forma têm sido adotados para inúmeros sistemas bidimensionais.

### 2.6.4.2.2 Equações de diferenças finitas (Método Numérico)

Este método descreve as incógnitas do problema de escoamento por meio de valores pontuais nos pontos nodais de uma malha estruturada.

#### 2.6.4.2.2.1 Rede Nodal

A melhor solução para problemas bidimensionais é a utilização de técnicas numéricas, entre elas a de diferenças finitas (INCROPERA e WITT, 1998).

Na solução numérica é permitido apenas determinar a temperatura em pontos determinados. O primeiro passo é determinar estes pontos (Figura 3).

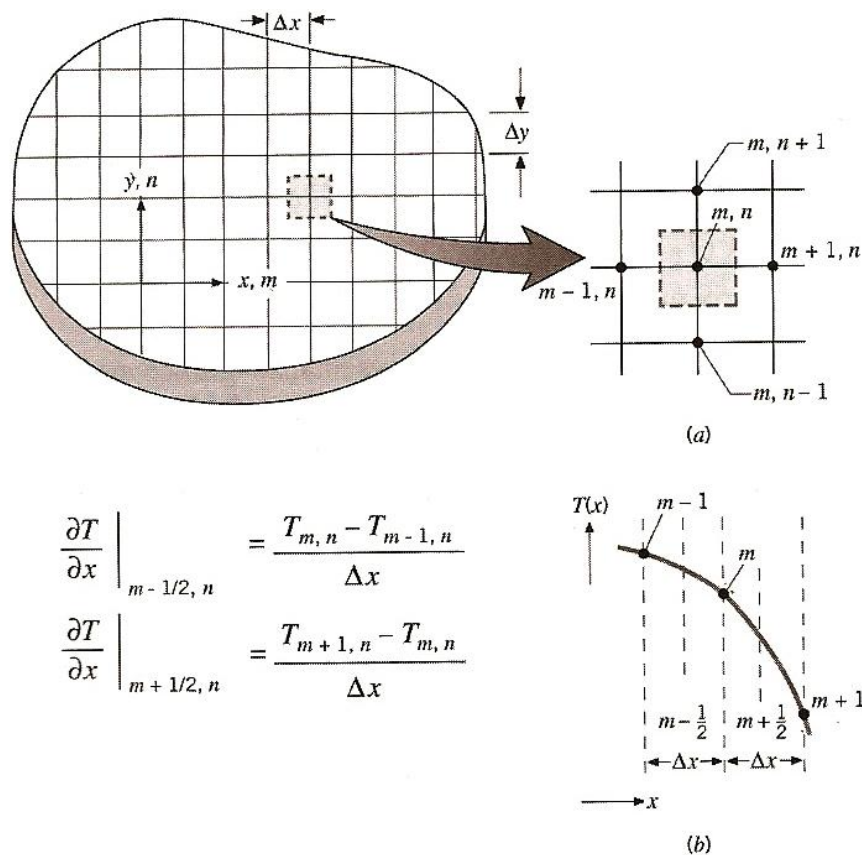


Figura 3 - Condução bidimensional. (a) Rede axial; (b) Aproximação por diferenças finitas (INCROPERA e WITT, 1998).

O ponto referencial (m,n) é o ponto nodal, e o conjunto de pontos é denominado de rede nodal ou malha. Cada nó representa uma região, e sua temperatura é uma medida da temperatura média da região. A precisão deste método depende do número de pontos nodais escolhidos. Quando o sistema for caracterizado em termos da rede nodal, é necessário trabalhar com uma aproximação por diferenças finitas.

Considere a derivada segunda  $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ , o valor dessa derivada no ponto nodal (m,n) pode ser aproximado para:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \Big|_{m,n} \approx \frac{\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m+1/2,n} - \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m-1/2,n}}{\Delta x} \quad (13)$$

Os gradientes de temperatura podem ser expressos como uma função das temperaturas nodais. Ou seja:

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m-1/2,n} = \frac{T_{m,n} - T_{m-1,n}}{\Delta x} \quad (14)$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{m+1/2,n} = \frac{T_{m+1,n} - T_{m,n}}{\Delta x} \quad (15)$$

Logo a equação 13 torna-se:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \Big|_{m,n} \approx \frac{T_{m+1,n} + T_{m-1,n} - 2 \cdot T_{m,n}}{\Delta x^2} \quad (16)$$

o mesmo é válido para o eixo y:

$$\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \Big|_{m,n} \approx \frac{T_{m,n+1} + T_{m,n-1} - 2 \cdot T_{m,n}}{\Delta y^2} \quad (17)$$

Considerando que  $\Delta x = \Delta y$ , substituindo as equações 16 e 17 em 5, tem-se:

$$T_{m,n+1} + T_{m,n-1} + T_{m+1,n} + T_{m-1,n} - 4 \cdot T_{m,n} = 0 \quad (18)$$

Esta equação só é válida para pontos intermediários, sem geração de calor e com condutividade térmica constante. Os mesmos princípios podem ser aplicados para o balanço

de energia com geração interna de energia. Neste caso a troca de energia é influenciada pela condução entre  $m$  e  $n$  e seus quatro nós adjacentes, bem como pela geração de calor. Logo, a equação geral de balanço de energia se reduz a:

$$\sum_{i=1}^4 q_{(i) \rightarrow (m,n)} + q_g''' (\Delta x \cdot \Delta y \cdot 1) = 0 \quad (19)$$

sendo  $q_{(i) \rightarrow (m,n)}$  a taxa de condução entre os nós, considerando profundidade unitária ( $\Delta z=1$ ), conforme Figura 4.

As taxas de transferência de calor por condução podem ser expressas como:

$$q_{(m-1,n) \rightarrow (m,n)} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{m-1,n} - T_{m,n})}{\Delta x} \quad (20)$$

$$q_{(m,n+1) \rightarrow (m,n)} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{m,n+1} - T_{m,n})}{\Delta y} \quad (21)$$

$$q_{(m+1,n) \rightarrow (m,n)} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{m+1,n} - T_{m,n})}{\Delta x} \quad (22)$$

$$q_{(m,n-1) \rightarrow (m,n)} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{m,n-1} - T_{m,n})}{\Delta y} \quad (23)$$

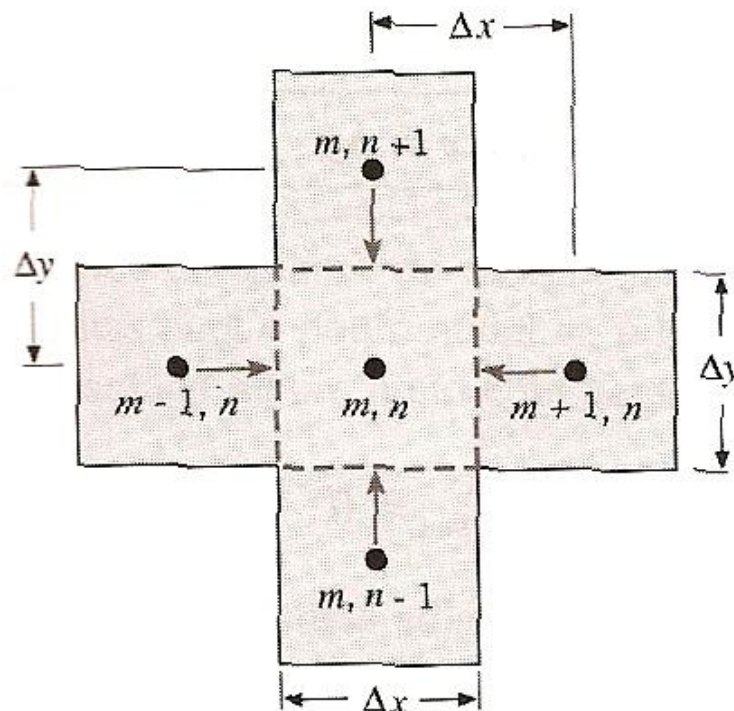


Figura 4 – Condução para o nó interno a partir dos nós adjacentes (INCROPERA e WITT, 1998).

As condições na região nodal  $m, n$  podem também ser influenciadas pela troca convectiva com o fluido, e essa troca pode ser vista como ocorrendo ao longo das metades das faixas nas direções  $x$  e  $y$ . A taxa de convecção total  $q_{\text{conv}}$  pode ser expressa como:

$$q_{(\infty \rightarrow m,n)} = h \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \cdot (T_{\infty} - T_{m,n}) \quad (24)$$

ou

$$q_{(\infty \rightarrow m,n)} = h \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \cdot (T_{\infty} - T_{m,n}) \quad (25)$$

Sendo que estas equações podem ser substituídas na equação 19 e somadas aos calores trocados por condução

#### 2.6.4.2.2 Soluções por diferenças finitas

Uma vez que a rede nodal tenha sido estabelecida e a equação de diferenças finitas apropriada tenha sido escrita para cada nó, a distribuição de temperatura pode ser determinada. O problema se reduz à resolução de um sistema de equações algébricas lineares. Numerosos métodos encontram-se disponíveis para esse propósito, e podem ser classificados como diretos ou iterativos (INCROPERA e WITT, 1998).

Métodos diretos envolvem um número fixo e pré-determinado de equações aritméticas e são convenientes para se utilizar quando o número de equações (temperaturas nodais desconhecidas) é pequeno. Contudo, tais métodos são associados com exigências maiores de memória computacional e de tempo, sendo freqüentemente mais eficiente a utilização de técnicas iterativas.

Considere a inversão matricial e a iteração de Gauss-Seidel como exemplos de métodos direto e iterativo, respectivamente.

#### 2.6.4.2.3 Método da inversão matricial

Considere um sistema de  $N$  equações de diferenças finitas correspondendo a  $N$  temperaturas desconhecidas (INCROPERA e WITT, 1998). Identificando os nós para um índice inteiro, em vez de um índice duplo  $(m,n)$ , o procedimento para realizar a inversão de uma matriz começa expressando as equações como:

$$\begin{aligned}
a_{11}T_1 + a_{12}T_2 + a_{13}T_3 + \dots + a_{1N}T_N &= C_1 \\
a_{21}T_1 + a_{22}T_2 + a_{23}T_3 + \dots + a_{2N}T_N &= C_2 \\
\vdots & \\
a_{N1}T_1 + a_{N2}T_2 + a_{N3}T_3 + \dots + a_{NN}T_N &= C_N
\end{aligned}$$

em que as grandezas  $a_{11}, a_{12}, \dots, a_{nn}$  são coeficientes conhecidos e constantes envolvendo grandezas como  $\Delta x, k, h,$  e  $T_\infty$ . Utilizando a notação matricial, essas equações podem ser expressas como:

$$[A][T] = [C] \quad (26)$$

Sendo:

$$[A] = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & a_{NN} \end{bmatrix} \quad [T] = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \\ \vdots \\ T_N \end{bmatrix} \quad [C] = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_N \end{bmatrix}$$

A matriz dos coeficientes  $[A]$  é quadrada ( $N \times N$ ) e seus elementos são designados por uma notação de índice duplo, para a qual o primeiro e o segundo índices referem-se a linhas e colunas, respectivamente. As matrizes  $[T]$  e  $[C]$  têm uma única coluna e são conhecidas como vetores coluna. Tipicamente, elas são denominadas soluções e vetores do lado direito, respectivamente.

A inversão matricial pode ser prontamente realizada em uma calculadora programável ou em um computador ou ainda na mão mesmo, dependendo do tamanho da matriz. Assim sendo, o método fornece um meio conveniente de resolução de problemas de condução bidimensional.

### 3 DESENVOLVIMENTO

“Toda pesquisa de certa magnitude tem que passar por uma fase preparatória de planejamento. A própria necessidade de sua realização deve ser obrigatoriamente posta em questão. Devem estabelecer-se certas diretrizes de ação e fixar-se uma estratégia global. Certas decisões cruciais deverão ser colocadas em primeiro plano, embora a vitalidade da pesquisa dependa de um certo grau de flexibilidade que se deve manter.” (CASTRO, 1976).

Segundo OLIVEIRA (1997), o termo desenvolvimento deriva de metodologia e trata do conjunto de processos pelos quais se torna possível conhecer uma determinada realidade, dessa forma, o método nos leva ao encaminhamento, à busca, contrapondo-se à obtenção de um resultado qualquer ao acaso. Este conceito traz implícito o fato de que antes de se desenvolver o método é preciso estabelecer os objetivos visados de forma muito clara, por exemplo, descobrir, analisar, estudar e pesquisar.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento desse estudo de caso seguiu as seguintes etapas:

- Revisão Bibliográfica;
- Escolha do local a ser analisado - Setor produtivo de uma estamperia (APÊNDICE I).
- Divisão do local de trabalho em uma rede nodal (diferenças finitas de temperaturas). (APÊNDICE II)
- Levantamento de temperatura em pontos pré-estabelecidos, utilizando termômetro de mercúrio.
- Análise dos dados coletados, fazendo uso do método de diferenças finitas de temperaturas (transferência de calor bidimensional).
- Determinação do perfil de temperatura utilizando métodos computacionais (Matlab).
- Avaliação da influência do perfil de temperatura no ambiente de trabalho de uma estamperia.

## **4 ESTUDO DE CASO**

### **4.1 Apresentação da empresa**

A estamparia iniciou suas atividades em 1988 por uma visão empreendedora por parte do proprietário, prestando serviços como fabricação de adesivos, estampas de camisas e camisetas e arte final. No início do empreendimento as vendas de camisas e camisetas estampadas eram supridas comprando-as prontas de fornecedores externos, e cabendo a empresa trabalhar com o serviço de estamparia.

A idéia de começar a fabricar surgiu a partir do momento que as camisetas que eram compradas não mais satisfaziam as necessidades dos clientes devido à má qualidade da malha, pouca variedade e também pela dificuldade de se encontrar camisetas lisas (sem estampas) coloridas.

A partir de então iniciou-se à produção das camisas e camisetas, o que fez aumentar a demanda, com um aumento significativo de pedidos e quantidades causadas pelo aumento da variabilidade de modelos e o aumento da qualidade do produto final; embora sempre trabalhando com pedidos de camisas e camisetas promocionais. Em 1992, deu-se início uma nova visão dentro da linha de confecções, que começaria então a trabalhar com camisetas de linha loja para serem vendidas no Shopping de Atacado do Mercosul em Maringá.

Porém, devido à falta de infra-estrutura organizacional e financeira, em 1994 este segmento da empresa encerrou suas atividades; visto que no atacado o volume de estoque era grande e a empresa não tinha o aporte necessário para suportar esse fluxo de mercadoria sem deixar de lado as camisetas promocionais, onde a produção era puxada pelos pedidos dos clientes.

Desde então, a empresa passou a trabalhar com a prestação de serviços nas áreas de estamparia, desenho, comunicação visual, e com a venda de camisetas promocionais. Com o aumento da demanda nessa área promocional surgiram à aquisição de maquinários adequados e o aumento na estrutura física. Atualmente a empresa terceiriza a costura das camisas e camisetas, atendendo internamente somente os departamentos de vendas, desenhos e estamparia das camisetas.

## 4.2 Equipamentos

A empresa possui vários equipamentos, os quais contribuem para o aumento da temperatura no ambiente de trabalho.

### 4.2.1 Mesa de Corte

É o equipamento mais importante numa cadeia produtiva, pois é onde se realiza o corte das malhas já em seus respectivos tamanhos de camisetas, vindo depois a passar pelo setor de estamparia para posteriormente ir para a costura. A mesa tem, conforme mostra a Figura 5 1,38 m de largura por 4,44 m de comprimento e fica a uma altura de 0,85 m do chão. Sendo essas medidas de largura e comprimento satisfatório para a realização do trabalho e a altura suficiente para que cortador não fique excessivamente debruçado sobre a mesa.

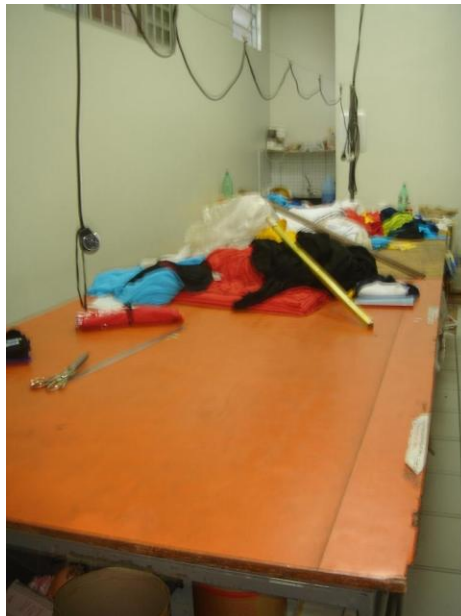
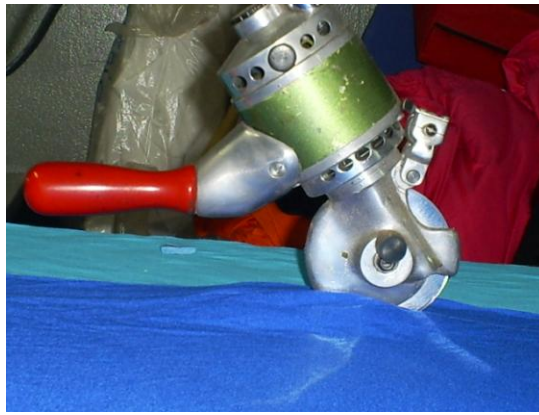


Figura 5 – Mesa de Corte.

### 4.2.2 Máquina de Corte

Também conhecida como faca de disco. São máquinas normalmente utilizadas na produção de pequenos lotes de malhas ou algodão (Figura 6).





**Figura 6 – Tesoura Elétrica.**

### **4.2.3 Mesa Elétrica**

Permite estampar peças prontas, geralmente essas mesas contêm 10 berços que são os locais onde se veste as peças a serem estampadas. As telas não são fixadas na mesa permitindo ao operador maior flexibilidade e ajuste de posição. É configurada em alumínio, com encosto regulável da tela, controle automático de temperatura e proteção individual das resistências. Este equipamento permite uma pré-secagem das tintas, tornando o trabalho de sobreposição de cores mais rápido. Essas mesas tem 1,5 m de largura por 2,70 m de comprimento, conforme figura 7.



**Figura 7 – Mesa Térmica.**

### **4.2.4 Prensa Térmica Elétrica**

Desenvolvida para aplicação do transfer sublimático no segmento da moda, ou em alguma personalização. Oferece alta qualidade de termotransferência, e são indicadas também para transfers serigráficos, litográficos, fixação de estampas, bordados termo-adesivos, expansão

de puff, transfers em madeiras, magneto, mouse pad e entretelas termo-adesivas. Possui base inferior móvel para facilitar a colocação e retirada do transfer (Figura 8).



**Figura 8 – Prensa Elétrica.**

#### **4.2.5 Soprador Térmico**

São utilizados na secagem de tinta serigráfica, de telas (emulsão), levantamento de puff e secagem de estampas, as quais requerem secagem mais rápida. Este soprador pode ser visto na figura 9.



**Figura 9 – Soprador Térmico.**

#### **4.2.6 Flash-Cure**

Equipamento portátil, utilizado em qualquer lugar da fábrica. Construído com chapas de alumínio dobrado, proporcionando uma estrutura firme e leve. Seu formato exclusivo permite ventilação através de uma ventoinha, proporcionando total aproveitamento do calor. Há nove lâmpadas de 1.000 WATTS, com essa alta temperatura seca a tinta. Mais utilizado com as tintas de glitter (Figura 10).



**Figura 10 – Flash-Cure.**

#### **4.2.7 Prensa Térmica Elétrica Pneumática**

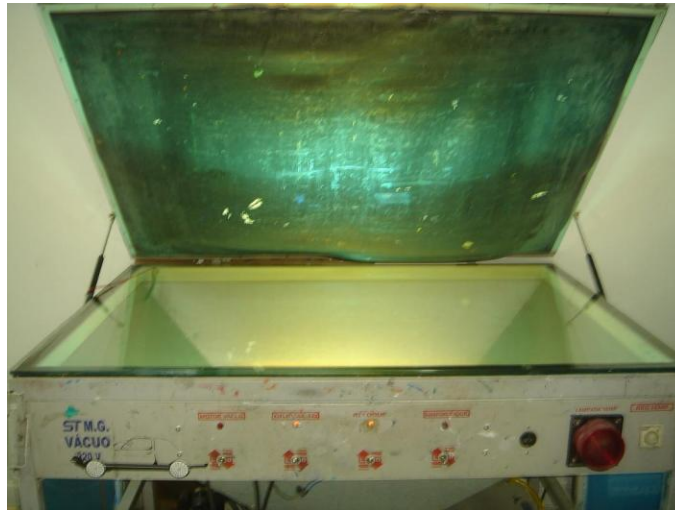
Desenvolvida para aplicação do transfer sublimático no segmento de camisas e conjunto de futebol. Oferece alta qualidade de termotransferência. Além de trabalhar ligada à fonte de energia, ela utiliza um compressor de ar para que o contato realizado entre o transfer e a peça seja o maior possível (Figura 11).



**Figura 11 – Prensa Térmica Pneumática.**

#### **4.2.8 Gravador de tela**

Após a passagem de emulsão na tela, a mesma fica exposta ao calor da secadora por um determinado espaço de tempo, sendo posteriormente colocada no gravador de tela para que a arte seja gravada na tela (Figura 12).



**Figura 12 – Gravador de Tela.**

### **4.3 O Experimento**

Para a realização de seus trabalhos, a empresa utiliza-se de alguns equipamentos, os quais quando ligados emitem certa quantidade de calor. Esse fator somado ao fato de o trabalho ser desenvolvido em ambiente fechado e com pouca ventilação, foi o motivo para aplicação das diferenças finitas de temperatura nesse local, com o objetivo de determinar as temperaturas em diferentes pontos do recinto e avaliar a influência que essas temperaturas geram no rendimento dos trabalhos realizados, na saúde dos funcionários e até mesmo ambiente de trabalho em si.

Para realizar esse trabalho, a empresa foi dividida logicamente em setores, foi adotado um plano bidimensional a 80 centímetros do chão, no qual foram realizadas todas as coletas de temperaturas. As paredes foram consideradas isoladas, já que a influência de fatores externos está sendo avaliada nas temperaturas.

Como na empresa não há um bom sistema de ventilação, foi considerado o ar, em cada recinto como praticamente parado, ou seja, ar estagnado. Desta forma foi usado o equacionamento para condução de calor em um meio estagnado, ao invés da convecção em um meio em movimento.

#### 4.4 Setores da Empresa Logicamente Divididos

Para facilitar a aplicação do método das diferenças finitas e analisar a transferência de calor nos “nós” ou pontos pré-determinados, o setor produtivo foi dividido em três partes para tornar-los de mais fácil compreensão: setor de comunicação visual, setor de administração e recepção e setor de estampa e corte.

##### 4.4.1 Setor de Comunicação Visual

Neste setor é desenvolvido todo o trabalho realizado com adesivos, banners, outdoors e demais produtos dessa área. A Figura 13 nos fornece uma visão mais detalhada de como esse setor foi logicamente dividido para a aplicação do Método das Diferenças Finitas de Temperaturas.

Este setor foi dividido em 16 nós, seguindo a numeração da Figura 13, com  $\Delta x = 1,58\text{m}$  e  $\Delta y = 1,72\text{m}$  e  $\Delta z = 1,00\text{m}$ . Neste caso, não foi adotado  $\Delta x = \Delta y$  como mostrado na literatura, devido à necessidade de se ter uma matriz quadrada para resolução de sistemas lineares.

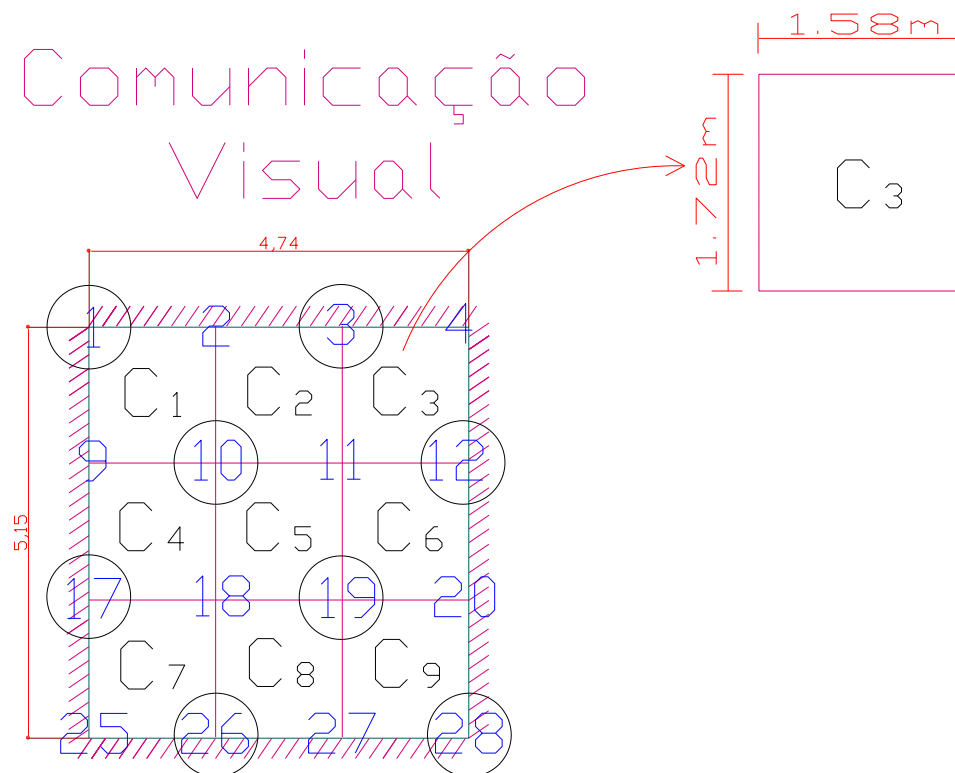
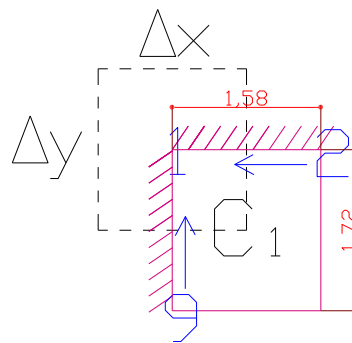


Figura 13 – Setor de Comunicação Visual Logicamente Dividido em Pontos Nodais

Os pontos nodais pré-estabelecidos, foram inter-relacionados de maneira a equacionar cada um dos pontos adotados, evidenciando dessa forma quais pontos irão sofrer influência de temperaturas “vizinhas”.

O desenvolvimento das equações de condução de calor bidimensional é mostrado para a célula  $C_1$ , mais especificamente para o ponto 1, conforme Figura 14.

O Ponto 1 sofre influência das temperaturas do Ponto 2 e do Ponto 9, já que duas das quatro faces são consideradas isoladas por se tratar das paredes, uma vez que o efeito dos fluxos de calor através destas faces são avaliados pelos valores da temperatura na parede.



**Figura 14 – Setor de Comunicação Visual - Análise da Influência das Temperaturas no Ponto 1.**

Da equação (22), tem-se :

$$q_{(m+1,n) \rightarrow (m,n)} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{m+1,n} - T_{m,n})}{\Delta x}$$

sendo:

$$q_{1,2} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x} \quad (27)$$

E da equação (23), tem-se

$$q_{(m,n-1) \rightarrow (m,n)} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{m,n-1} - T_{m,n})}{\Delta y}$$

sendo:

$$q_{1,9} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_9 - T_1)}{\Delta y} \quad (28)$$

Da equação (19), tem-se que o somatório do fluxo gerado por todos os pontos influentes mais o termo de geração de calor é igual à zero. Como segue:

$$\sum_{i=1}^4 q_{(i) \rightarrow (m,n)} + q_g''' (\Delta x \cdot \Delta y \cdot 1) = 0$$

O termo de geração foi desprezado, pois o efeito dos fluxos é considerado nas medidas das temperaturas. Assim sendo:

$$\sum_{i=1}^4 q_{(i) \rightarrow (m,n)} = 0 \quad (29)$$

Dessa maneira, o calor que chega ao Ponto 1 advém da soma do calor dos pontos influentes, isto é:  $q_{1,cond} = q_{1,2} + q_{1,9} = 0$

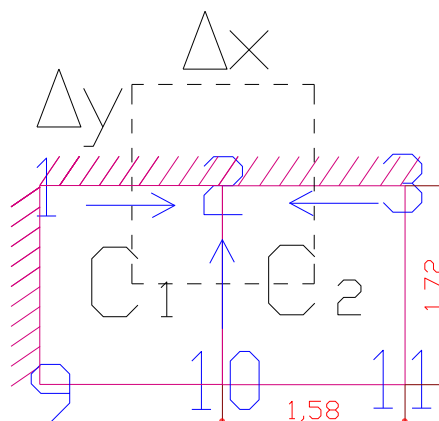
Substituindo as equações de  $q_{1,2}$  e  $q_{1,9}$ , obtém-se:

$$k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_2 - T_1)}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_9 - T_1)}{\Delta y} = 0 \quad (30)$$

Esta é a equação de condução bidimensional para um ponto no vértice externo de uma malha nodal.

Seguindo o mesmo raciocínio descrito acima, pôde-se desenvolver o equacionamento para o Ponto 2, que envolve duas células  $C_1$  e  $C_2$ , conforme a Figura 15.

Na figura 15 observa-se que o Ponto 2 sofre influência das temperaturas dos Pontos 1, 3 e 10, já que uma das faces é considerada isolada, conforme justificado anteriormente.



**Figura 15 – Setor de Comunicação Visual - Análise da Influência das Temperaturas no Ponto 2.**

Da equação (20):

$$q_{(m-1,n) \rightarrow (m,n)} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{m-1,n} - T_{m,n})}{\Delta x}$$

sendo:

$$q_{2,1} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_1 - T_2)}{\Delta x} \quad (31)$$

Da equação (22):

$$q_{(m+1,n) \rightarrow (m,n)} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{m+1,n} - T_{m,n})}{\Delta x}$$

sendo:

$$q_{2,3} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_3 - T_2)}{\Delta x} \quad (32)$$

E da equação (23):

$$q_{(m,n-1) \rightarrow (m,n)} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{m,n-1} - T_{m,n})}{\Delta y}$$

sendo:

$$q_{2,10} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{10} - T_2)}{\Delta y} \quad (33)$$

Da equação (19), tem-se que o somatório do fluxo gerado por todos os pontos influentes mais o termo de geração de calor é igual à zero. Como o termo de geração de calor é desprezado, tem-se:

$$\sum_{i=1}^4 q_{(i) \rightarrow (m,n)} = 0$$

Dessa maneira, o calor que chega ao Ponto 2 advém da soma do calor dos pontos influentes, isto é:  $q_{2,cond} = q_{2,1} + q_{2,3} + q_{2,10} = 0$

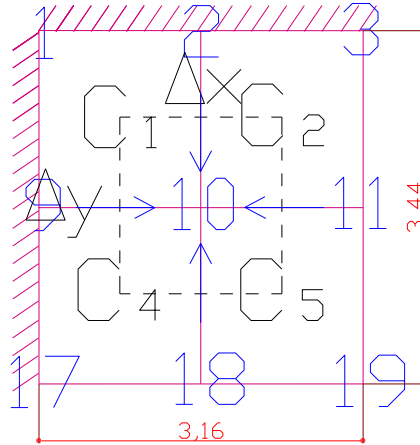
Substituindo as equações de  $q_{2,1}$ ,  $q_{2,3}$  e  $q_{2,10}$  obtém-se:

$$k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_1 - T_2)}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_3 - T_2)}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{10} - T_2)}{\Delta y} = 0 \quad (34)$$



Esta é a equação de condução bidimensional para um ponto em superfície isolada da malha nodal.

Ainda no mesmo princípio do método das diferenças finitas, tomou-se o Ponto 10 para o desenvolvimento do equacionamento da condução de calor bidimensional, o qual envolve as células C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>4</sub> e C<sub>5</sub>, conforme Figura 16.



**Figura 16 – Setor de Comunicação Visual - Análise da Influência das Temperaturas no Ponto 10.**

Por meio da figura 16 observa-se que o Ponto 10 sofre influência das temperaturas dos Pontos 2, 9, 11 e 18.

Da equação (21):

$$q_{(m,n+1) \rightarrow (m,n)} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{m,n+1} - T_{m,n})}{\Delta y}$$

sendo:

$$q_{10,2} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_2 - T_{10})}{\Delta y} \quad (35)$$

Da equação (20):

$$q_{(m-1,n) \rightarrow (m,n)} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{m-1,n} - T_{m,n})}{\Delta x}$$

sendo:

$$q_{10,9} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_9 - T_{10})}{\Delta x} \quad (36)$$

Da equação (22):

$$q_{(m+1,n) \rightarrow (m,n)} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{m+1,n} - T_{m,n})}{\Delta x}$$

sendo:

$$q_{10,11} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{11} - T_{10})}{\Delta x} \quad (37)$$

E da equação (23):

$$q_{(m,n-1) \rightarrow (m,n)} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{m,n-1} - T_{m,n})}{\Delta y}$$

sendo:

$$q_{10,18} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{18} - T_{10})}{\Delta y} \quad (38)$$

Da equação (19), tem-se que o somatório do fluxo gerado por todos os pontos influentes mais o termo de geração de calor é igual à zero. Como o termo de geração é desprezado tem-se:

$$\sum_{i=1}^4 q_{(i) \rightarrow (m,n)} = 0$$

Dessa maneira, o calor que chega ao Ponto 10 advém da soma do calor dos pontos influentes, isto é:  $q_{10,cond} = q_{10,2} + q_{10,9} + q_{10,11} + q_{10,18}$

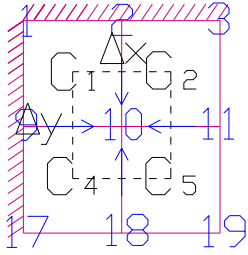
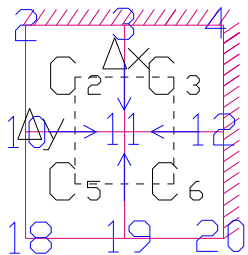
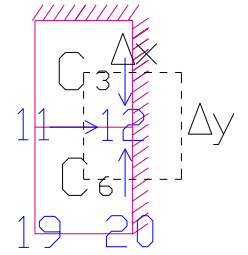
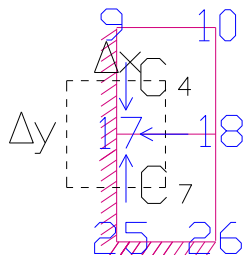
Substituindo as equações de  $q_{10,2}$ ,  $q_{10,9}$ ,  $q_{10,11}$ ,  $q_{10,18}$  obtém-se:

$$k.(\Delta x.1) \frac{(T_2 - T_{10})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_9 - T_{10})}{\Delta x} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{11} - T_{10})}{\Delta x} + k.(\Delta x.1) \frac{(T_{18} - T_{10})}{\Delta y} \quad (34)$$

Esta é a equação de condução de calor bidimensional para um ponto intermediário numa malha nodal.

Então, foi visto todo o desenvolvimento das equações para as três formas de nós que se encontra neste trabalho (ponto no vértice isolado, ponto na superfície isolada e ponto



10		$q_{10,2} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_2 - T_{10})}{\Delta y} \quad q_{10,9} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_9 - T_{10})}{\Delta x}$ $q_{10,11} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{11} - T_{10})}{\Delta x} \quad q_{10,18} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{18} - T_{10})}{\Delta y}$ <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k.(\Delta x.1) \frac{(T_2 - T_{10})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_9 - T_{10})}{\Delta x} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{11} - T_{10})}{\Delta x} + k.(\Delta x.1) \frac{(T_{18} - T_{10})}{\Delta y} = 0</math> </div>
11		$q_{11,3} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_3 - T_{11})}{\Delta y} \quad q_{11,10} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{10} - T_{11})}{\Delta x}$ $q_{11,12} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{12} - T_{11})}{\Delta x} \quad q_{11,19} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{19} - T_{11})}{\Delta y}$ <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k.(\Delta x.1) \frac{(T_3 - T_{11})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{10} - T_{11})}{\Delta x} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{12} - T_{11})}{\Delta x} + k.(\Delta x.1) \frac{(T_{19} - T_{11})}{\Delta y} = 0</math> </div>
12		$q_{12,4} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_4 - T_{12})}{\Delta y} \quad q_{12,11} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{11} - T_{12})}{\Delta x}$ $q_{12,20} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{20} - T_{12})}{\Delta y}$ <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_4 - T_{12})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{11} - T_{12})}{\Delta x} + k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{20} - T_{12})}{\Delta y} = 0</math> </div>
17		$q_{17,9} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_9 - T_{17})}{\Delta y} \quad q_{17,18} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{18} - T_{17})}{\Delta x}$ $q_{17,25} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{25} - T_{17})}{\Delta y}$ <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_9 - T_{17})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{18} - T_{17})}{\Delta x} + k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{25} - T_{17})}{\Delta y} = 0</math> </div>

**Quadro 1 – Comunicação Visual - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)**

18		$q_{18,10} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{10} - T_{18})}{\Delta y}$ $q_{18,17} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{17} - T_{18})}{\Delta x}$ $q_{18,19} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{19} - T_{18})}{\Delta x}$ $q_{18,26} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{26} - T_{18})}{\Delta y}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{10} - T_{18})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{17} - T_{18})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{19} - T_{18})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{26} - T_{18})}{\Delta y} = 0</math> </div>
19		$q_{19,11} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{11} - T_{19})}{\Delta y}$ $q_{19,18} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{18} - T_{19})}{\Delta x}$ $q_{19,20} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{20} - T_{19})}{\Delta x}$ $q_{19,27} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{27} - T_{19})}{\Delta y}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{11} - T_{19})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{18} - T_{19})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{20} - T_{19})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{27} - T_{19})}{\Delta y} = 0</math> </div>
20		$q_{20,12} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{12} - T_{20})}{\Delta y}$ $q_{20,19} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{19} - T_{20})}{\Delta x}$ $q_{20,28} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{28} - T_{20})}{\Delta y}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{12} - T_{20})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{19} - T_{20})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{28} - T_{20})}{\Delta y} = 0</math> </div>
25		$q_{25,17} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{17} - T_{25})}{\Delta y}$ $q_{25,26} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{26} - T_{25})}{\Delta x}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{17} - T_{25})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{26} - T_{25})}{\Delta x} = 0</math> </div>
26		$q_{26,18} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{18} - T_{26})}{\Delta y}$ $q_{26,25} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{25} - T_{26})}{\Delta x}$ $q_{26,27} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{27} - T_{26})}{\Delta x}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{18} - T_{26})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{25} - T_{26})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{27} - T_{26})}{\Delta x} = 0</math> </div>

Quadro 1 – Comunicação Visual - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)

27		$q_{27,19} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{19} - T_{27})}{\Delta y}$ $q_{27,26} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{26} - T_{27})}{\Delta x}$ $q_{27,28} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{28} - T_{27})}{\Delta x}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{19} - T_{27})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{26} - T_{27})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{28} - T_{27})}{\Delta x} = 0$
28		$q_{28,20} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{20} - T_{28})}{\Delta y}$ $q_{28,27} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{27} - T_{28})}{\Delta x}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{20} - T_{28})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{27} - T_{28})}{\Delta x} = 0$

Quadro 1 – Comunicação Visual - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)

#### 4.4.2 Setor de Administração e Recepção

Este setor é responsável pelo departamento comercial, financeiro e de marketing da empresa.

A divisão lógica dos pontos nodais é apresentada na Figura 17, sendo este setor dividido em 16 pontos nodais, com  $\Delta x = 2,08\text{m}$ ,  $\Delta y = 1,71\text{m}$  e  $\Delta z = 1,00\text{m}$ . Seguindo a mesma justificativa do setor de comunicação visual quanto à diferença entre  $\Delta x$  e  $\Delta z$ .

De maneira sistêmica como foi apresentado no item anterior, as equações de condução de calor bidimensional para cada ponto nodal encontram-se no Quadro 2.

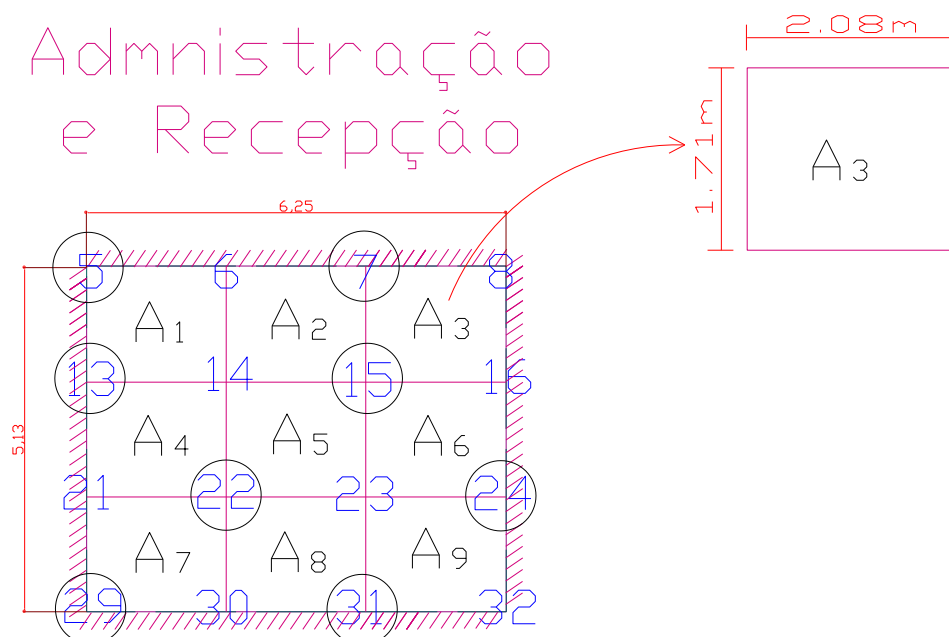


Figura 17 – Setor de Administração e Recepção Logicamente Divido em Pontos Nodais

Ponto	Ilustração	Equações
5		$q_{5,6} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_6 - T_5)}{\Delta x} \qquad q_{5,13} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{13} - T_5)}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_6 - T_5)}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{13} - T_5)}{\Delta y} = 0$
6		$q_{6,5} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_5 - T_6)}{\Delta x} \qquad q_{6,7} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_7 - T_6)}{\Delta x}$ $q_{6,14} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{14} - T_6)}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_5 - T_6)}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_7 - T_6)}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{14} - T_6)}{\Delta y} = 0$
7		$q_{7,6} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_6 - T_7)}{\Delta x} \qquad q_{7,8} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_8 - T_7)}{\Delta x}$ $q_{7,15} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{15} - T_7)}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_6 - T_7)}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_8 - T_7)}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{15} - T_7)}{\Delta y} = 0$
8		$q_{8,7} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_7 - T_8)}{\Delta x} \qquad q_{8,16} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{16} - T_8)}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_7 - T_8)}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{16} - T_8)}{\Delta y} = 0$
13		$q_{13,5} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_5 - T_{13})}{\Delta y} \qquad q_{13,14} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{14} - T_{13})}{\Delta x}$ $q_{13,21} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{21} - T_{13})}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_5 - T_{13})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{14} - T_{13})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{21} - T_{13})}{\Delta y} = 0$

Quadro 2 – Administração e Recepção - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal

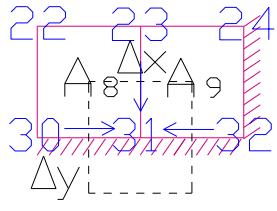
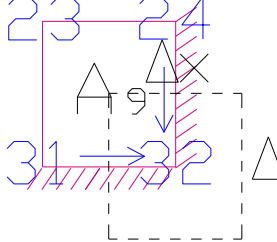
14		$q_{14,6} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_6 - T_{14})}{\Delta y}$ $q_{14,13} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{13} - T_{14})}{\Delta x}$ $q_{14,15} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{15} - T_{14})}{\Delta x}$ $q_{14,22} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{22} - T_{14})}{\Delta y}$ $k.(\Delta x.1) \frac{(T_6 - T_{14})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{13} - T_{14})}{\Delta x} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{15} - T_{14})}{\Delta x} + k.(\Delta x.1) \frac{(T_{22} - T_{14})}{\Delta y} = 0$
15		$q_{15,7} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_7 - T_{15})}{\Delta y}$ $q_{15,14} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{14} - T_{15})}{\Delta x}$ $q_{15,16} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{16} - T_{15})}{\Delta x}$ $q_{15,23} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{23} - T_{15})}{\Delta y}$ $k.(\Delta x.1) \frac{(T_7 - T_{15})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{14} - T_{15})}{\Delta x} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{16} - T_{15})}{\Delta x} + k.(\Delta x.1) \frac{(T_{23} - T_{15})}{\Delta y} = 0$
16		$q_{16,8} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_8 - T_{16})}{\Delta y}$ $q_{16,15} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{15} - T_{16})}{\Delta x}$ $q_{16,24} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{24} - T_{16})}{\Delta y}$ $k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_8 - T_{16})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{15} - T_{16})}{\Delta x} + k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{24} - T_{16})}{\Delta y} = 0$
21		$q_{21,13} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{13} - T_{21})}{\Delta y}$ $q_{21,22} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{22} - T_{21})}{\Delta x}$ $q_{21,29} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{29} - T_{21})}{\Delta y}$ $k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{13} - T_{21})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{22} - T_{21})}{\Delta x} + k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{29} - T_{21})}{\Delta y} = 0$

**Quadro 2 – Administração e Recepção - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)**



22		$q_{22,14} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{14} - T_{22})}{\Delta y}$ $q_{22,21} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{21} - T_{22})}{\Delta x}$ $q_{22,23} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{23} - T_{22})}{\Delta x}$ $q_{22,30} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{30} - T_{22})}{\Delta y}$ <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k.(\Delta x.1) \frac{(T_{14} - T_{22})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{21} - T_{22})}{\Delta x} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{23} - T_{22})}{\Delta x} + k.(\Delta x.1) \frac{(T_{30} - T_{22})}{\Delta y} = 0</math> </div>
23		$q_{23,15} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{15} - T_{23})}{\Delta y}$ $q_{23,22} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{22} - T_{23})}{\Delta x}$ $q_{23,24} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{24} - T_{23})}{\Delta x}$ $q_{23,31} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{31} - T_{23})}{\Delta y}$ <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k.(\Delta x.1) \frac{(T_{15} - T_{23})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{22} - T_{23})}{\Delta x} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{24} - T_{23})}{\Delta x} + k.(\Delta x.1) \frac{(T_{31} - T_{23})}{\Delta y} = 0</math> </div>
24		$q_{24,16} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{16} - T_{24})}{\Delta y}$ $q_{24,23} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{23} - T_{24})}{\Delta x}$ $q_{24,32} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{32} - T_{24})}{\Delta y}$ <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{16} - T_{24})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{23} - T_{24})}{\Delta x} + k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{32} - T_{24})}{\Delta y} = 0</math> </div>
29		$q_{29,21} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{21} - T_{29})}{\Delta y}$ $q_{29,30} = k.(\frac{\Delta y}{2}.1) \frac{(T_{30} - T_{29})}{\Delta x}$ <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{21} - T_{29})}{\Delta y} + k.(\frac{\Delta y}{2}.1) \frac{(T_{30} - T_{29})}{\Delta x} = 0</math> </div>
30		$q_{30,22} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{22} - T_{30})}{\Delta y}$ $q_{30,29} = k.(\frac{\Delta y}{2}.1) \frac{(T_{29} - T_{30})}{\Delta x}$ $q_{30,31} = k.(\frac{\Delta y}{2}.1) \frac{(T_{31} - T_{30})}{\Delta x}$ <div style="border: 2px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k.(\Delta x.1) \frac{(T_{22} - T_{30})}{\Delta y} + k.(\frac{\Delta y}{2}.1) \frac{(T_{29} - T_{30})}{\Delta x} + k.(\frac{\Delta y}{2}.1) \frac{(T_{31} - T_{30})}{\Delta x} = 0</math> </div>

Quadro 2 – Administração e Recepção - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)

<p>31</p> 	$q_{31,23} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{23} - T_{31})}{\Delta y}$ $q_{31,30} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{30} - T_{31})}{\Delta x}$ $q_{31,32} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{32} - T_{31})}{\Delta x}$	$k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{23} - T_{31})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{30} - T_{31})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{32} - T_{31})}{\Delta x} = 0$
<p>32</p> 	$q_{32,24} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{24} - T_{32})}{\Delta y}$ $q_{32,31} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{31} - T_{32})}{\Delta x}$	$k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{24} - T_{32})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{31} - T_{32})}{\Delta x} = 0$

Quadro 2 – Administração e Recepção - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)

### 4.4.3 Setor de Estamparia e Corte

Setor responsável pelo corte de tecidos e malhas, e estamparia das respectivas peças.

A divisão lógica do setor de estamparia e corte em malha nodal é apresentada na Figura 18. Este setor foi dividido em 36 pontos, com  $\Delta x = 2,20\text{m}$ ,  $\Delta y = 1,97\text{m}$  e  $\Delta z = 1,00\text{m}$ . Devido à necessidade de matriz quadrada optou-se por  $\Delta x \neq \Delta y$ . As equações para cada ponto nodal, obtidas de acordo com o desenvolvimento apresentado anteriormente, encontram-se no Quadro 3.

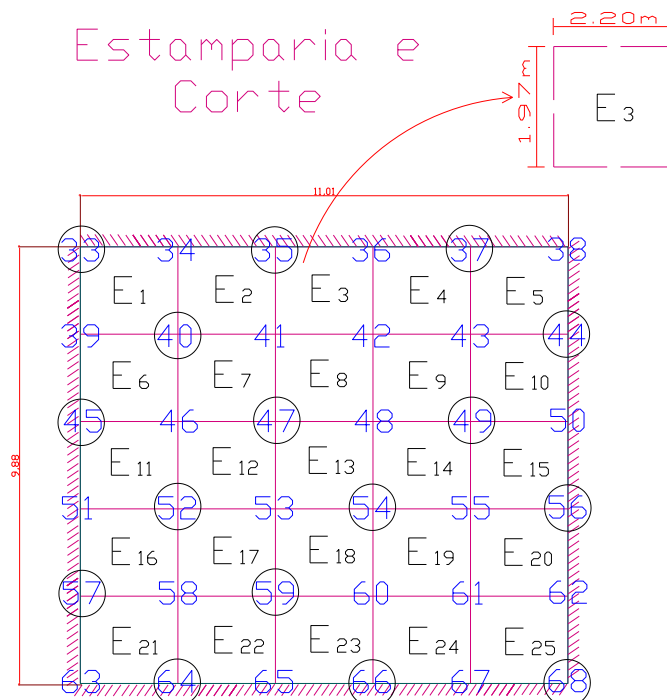


Figura 18 – Setor de Estamparia e Corte Logicamente Divido em Pontos Nodais

Ponto	Ilustração	Equações
33		$q_{33,34} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{34} - T_{33})}{\Delta x}$ $q_{33,39} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{39} - T_{33})}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{34} - T_{33})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{39} - T_{33})}{\Delta y} = 0$
34		$q_{34,33} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{33} - T_{34})}{\Delta x}$ $q_{34,35} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{35} - T_{34})}{\Delta x}$ $q_{34,40} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{40} - T_{34})}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{33} - T_{34})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{35} - T_{34})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{40} - T_{34})}{\Delta y} = 0$
35		$q_{35,34} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{34} - T_{35})}{\Delta x}$ $q_{35,36} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{36} - T_{35})}{\Delta x}$ $q_{35,41} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{41} - T_{35})}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{34} - T_{35})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{36} - T_{35})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{41} - T_{35})}{\Delta y} = 0$
36		$q_{36,35} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{35} - T_{36})}{\Delta x}$ $q_{36,37} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{37} - T_{36})}{\Delta x}$ $q_{36,42} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{42} - T_{36})}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{35} - T_{36})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{37} - T_{36})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{42} - T_{36})}{\Delta y} = 0$
37		$q_{37,36} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{36} - T_{37})}{\Delta x}$ $q_{37,38} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{38} - T_{37})}{\Delta x}$ $q_{37,43} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{43} - T_{37})}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{36} - T_{37})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{38} - T_{37})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{43} - T_{37})}{\Delta y} = 0$
38		$q_{38,37} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{37} - T_{38})}{\Delta x}$ $q_{38,44} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{44} - T_{38})}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{37} - T_{38})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{44} - T_{38})}{\Delta y} = 0$

Quadro 3 – Estamparia e Corte - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal

39		$q_{39,33} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{33} - T_{39})}{\Delta y}$ $q_{39,40} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{40} - T_{39})}{\Delta x}$ $q_{39,45} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{45} - T_{39})}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{33} - T_{39})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{40} - T_{39})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{45} - T_{39})}{\Delta y} = 0$
40		$q_{40,34} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{34} - T_{40})}{\Delta y}$ $q_{40,39} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{39} - T_{40})}{\Delta x}$ $q_{40,41} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{41} - T_{40})}{\Delta x}$ $q_{40,46} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{46} - T_{40})}{\Delta y}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{34} - T_{40})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{39} - T_{40})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{41} - T_{40})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{46} - T_{40})}{\Delta y} = 0$
41		$q_{41,35} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{35} - T_{41})}{\Delta y}$ $q_{41,40} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{40} - T_{41})}{\Delta x}$ $q_{41,42} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{42} - T_{41})}{\Delta x}$ $q_{41,47} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{47} - T_{41})}{\Delta y}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{35} - T_{41})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{40} - T_{41})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{42} - T_{41})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{47} - T_{41})}{\Delta y} = 0$
42		$q_{42,36} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{36} - T_{42})}{\Delta y}$ $q_{42,41} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{41} - T_{42})}{\Delta x}$ $q_{42,43} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{43} - T_{42})}{\Delta x}$ $q_{42,48} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{48} - T_{42})}{\Delta y}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{36} - T_{42})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{41} - T_{42})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{43} - T_{42})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{48} - T_{42})}{\Delta y} = 0$

Quadro 3 – Estamparia e Corte - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)

43		$q_{43,37} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{37} - T_{43})}{\Delta y}$ $q_{43,42} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{42} - T_{43})}{\Delta x}$ $q_{43,44} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{44} - T_{43})}{\Delta x}$ $q_{43,49} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{49} - T_{43})}{\Delta y}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{37} - T_{43})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{42} - T_{43})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{44} - T_{43})}{\Delta x} +</math> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{49} - T_{43})}{\Delta y} = 0</math> </div>
44		$q_{44,38} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{38} - T_{44})}{\Delta y}$ $q_{44,43} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{43} - T_{44})}{\Delta x}$ $q_{44,50} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{50} - T_{44})}{\Delta y}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{38} - T_{44})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{43} - T_{44})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{50} - T_{44})}{\Delta y} = 0</math> </div>
45		$q_{45,39} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{39} - T_{45})}{\Delta y}$ $q_{45,46} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{46} - T_{45})}{\Delta x}$ $q_{45,51} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{51} - T_{45})}{\Delta y}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{39} - T_{45})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{46} - T_{45})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{51} - T_{45})}{\Delta y} = 0</math> </div>
46		$q_{46,40} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{40} - T_{46})}{\Delta y}$ $q_{46,45} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{45} - T_{46})}{\Delta x}$ $q_{46,47} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{47} - T_{46})}{\Delta x}$ $q_{46,52} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{52} - T_{46})}{\Delta y}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{40} - T_{46})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{45} - T_{46})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{47} - T_{46})}{\Delta x} +</math> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{52} - T_{46})}{\Delta y} = 0</math> </div>

Quadro 3 – Estamparia e Corte - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)

47		$q_{47,41} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{41} - T_{47})}{\Delta y}$ $q_{47,46} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{46} - T_{47})}{\Delta x}$ $q_{47,48} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{48} - T_{47})}{\Delta x}$ $q_{47,53} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{53} - T_{47})}{\Delta y}$ $k.(\Delta x.1) \frac{(T_{41} - T_{47})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{46} - T_{47})}{\Delta x} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{48} - T_{47})}{\Delta x} + k.(\Delta x.1) \frac{(T_{53} - T_{47})}{\Delta y} = 0$
48		$q_{48,42} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{42} - T_{48})}{\Delta y}$ $q_{48,47} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{47} - T_{48})}{\Delta x}$ $q_{48,49} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{49} - T_{48})}{\Delta x}$ $q_{48,54} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{54} - T_{48})}{\Delta y}$ $k.(\Delta x.1) \frac{(T_{42} - T_{48})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{47} - T_{48})}{\Delta x} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{49} - T_{48})}{\Delta x} + k.(\Delta x.1) \frac{(T_{54} - T_{48})}{\Delta y} = 0$
49		$q_{49,43} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{43} - T_{49})}{\Delta y}$ $q_{49,48} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{48} - T_{49})}{\Delta x}$ $q_{49,50} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{50} - T_{49})}{\Delta x}$ $q_{49,55} = k.(\Delta x.1) \frac{(T_{55} - T_{49})}{\Delta y}$ $k.(\Delta x.1) \frac{(T_{43} - T_{49})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{48} - T_{49})}{\Delta x} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{50} - T_{49})}{\Delta x} + k.(\Delta x.1) \frac{(T_{55} - T_{49})}{\Delta y} = 0$
50		$q_{50,44} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{44} - T_{50})}{\Delta y}$ $q_{50,49} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{49} - T_{50})}{\Delta x}$ $q_{50,56} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{56} - T_{50})}{\Delta y}$ $k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{44} - T_{50})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{49} - T_{50})}{\Delta x} + k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{56} - T_{50})}{\Delta y} = 0$
51		$q_{51,45} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{45} - T_{51})}{\Delta y}$ $q_{51,52} = k.(\Delta y.1) \frac{(T_{52} - T_{51})}{\Delta x}$ $q_{51,57} = k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{57} - T_{51})}{\Delta y}$ $k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{45} - T_{51})}{\Delta y} + k.(\Delta y.1) \frac{(T_{49} - T_{50})}{\Delta x} + k.(\frac{\Delta x}{2}.1) \frac{(T_{57} - T_{51})}{\Delta y} = 0$

Quadro 3 – Estamparia e Corte - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)

52		$q_{52,46} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{46} - T_{52})}{\Delta y}$ $q_{52,51} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{51} - T_{52})}{\Delta x}$ $q_{52,53} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{53} - T_{52})}{\Delta x}$ $q_{52,58} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{58} - T_{52})}{\Delta y}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{46} - T_{52})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{51} - T_{52})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{53} - T_{52})}{\Delta x} +</math> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{58} - T_{52})}{\Delta y} = 0</math> </div>
53		$q_{53,47} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{47} - T_{53})}{\Delta y}$ $q_{53,52} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{52} - T_{53})}{\Delta x}$ $q_{53,54} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{54} - T_{53})}{\Delta x}$ $q_{53,59} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{59} - T_{53})}{\Delta y}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{47} - T_{53})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{52} - T_{53})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{54} - T_{53})}{\Delta x} +</math> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{59} - T_{53})}{\Delta y} = 0</math> </div>
54		$q_{54,48} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{48} - T_{54})}{\Delta y}$ $q_{54,53} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{53} - T_{54})}{\Delta x}$ $q_{54,55} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{55} - T_{54})}{\Delta x}$ $q_{54,60} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{60} - T_{54})}{\Delta y}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{48} - T_{54})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{53} - T_{54})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{55} - T_{54})}{\Delta x} +</math> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{60} - T_{54})}{\Delta y} = 0</math> </div>
55		$q_{55,49} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{49} - T_{55})}{\Delta y}$ $q_{55,54} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{54} - T_{55})}{\Delta x}$ $q_{55,56} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{56} - T_{55})}{\Delta x}$ $q_{55,61} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{61} - T_{55})}{\Delta y}$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{49} - T_{55})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{54} - T_{55})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{56} - T_{55})}{\Delta x} +</math> <math display="block">k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{61} - T_{55})}{\Delta y} = 0</math> </div>

Quadro 3 – Estamparia e Corte - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)

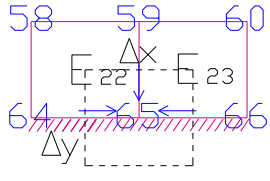
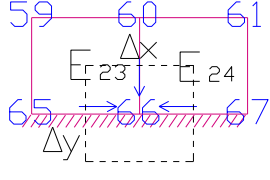
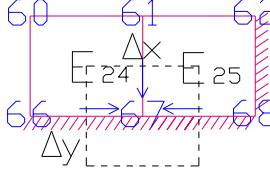
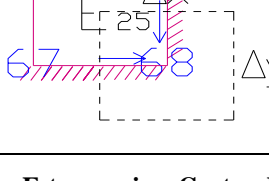
56		$q_{56,50} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{50} - T_{56})}{\Delta y}$ $q_{56,55} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{55} - T_{56})}{\Delta x}$ $q_{56,62} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{62} - T_{56})}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{50} - T_{56})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{55} - T_{56})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{62} - T_{56})}{\Delta y} = 0$
57		$q_{57,51} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{51} - T_{57})}{\Delta y}$ $q_{57,58} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{58} - T_{57})}{\Delta x}$ $q_{57,63} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{63} - T_{57})}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{51} - T_{57})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{58} - T_{57})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{63} - T_{57})}{\Delta y} = 0$
58		$q_{58,52} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{52} - T_{58})}{\Delta y}$ $q_{58,59} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{59} - T_{58})}{\Delta x}$ $q_{58,64} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{64} - T_{58})}{\Delta y}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{52} - T_{58})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{59} - T_{58})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{64} - T_{58})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{57} - T_{58})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{59} - T_{58})}{\Delta x} = 0$
59		$q_{59,53} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{53} - T_{59})}{\Delta y}$ $q_{59,60} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{60} - T_{59})}{\Delta x}$ $q_{59,65} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{65} - T_{59})}{\Delta y}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{53} - T_{59})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{60} - T_{59})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{65} - T_{59})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{58} - T_{59})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{60} - T_{59})}{\Delta x} = 0$

Quadro 3 – Estamparia e Corte - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)



60		$q_{60,54} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{54} - T_{60})}{\Delta y}$ $q_{60,59} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{59} - T_{60})}{\Delta x}$ $q_{60,61} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{61} - T_{60})}{\Delta x}$ $q_{60,66} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{66} - T_{60})}{\Delta y}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{54} - T_{60})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{59} - T_{60})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{61} - T_{60})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{66} - T_{60})}{\Delta y} = 0$
61		$q_{61,55} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{55} - T_{61})}{\Delta y}$ $q_{61,60} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{60} - T_{61})}{\Delta x}$ $q_{61,62} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{62} - T_{61})}{\Delta x}$ $q_{61,67} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{67} - T_{61})}{\Delta y}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{55} - T_{61})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{60} - T_{61})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{62} - T_{61})}{\Delta x} + k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{67} - T_{61})}{\Delta y} = 0$
62		$q_{62,56} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{56} - T_{62})}{\Delta y}$ $q_{62,61} = k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{61} - T_{62})}{\Delta x}$ $q_{62,68} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{68} - T_{62})}{\Delta y}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{56} - T_{62})}{\Delta y} + k \cdot (\Delta y \cdot 1) \frac{(T_{61} - T_{62})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{68} - T_{62})}{\Delta y} = 0$
63		$q_{63,57} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{57} - T_{63})}{\Delta y}$ $q_{63,64} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{64} - T_{63})}{\Delta x}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{57} - T_{63})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{64} - T_{63})}{\Delta x} = 0$
64		$q_{64,58} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{58} - T_{64})}{\Delta y}$ $q_{64,63} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{63} - T_{64})}{\Delta x}$ $q_{64,65} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{65} - T_{64})}{\Delta x}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{58} - T_{64})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{63} - T_{64})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{65} - T_{64})}{\Delta x} = 0$

Quadro 3 – Estamparia e Corte - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)

65		$q_{65,59} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{59} - T_{65})}{\Delta y} \quad q_{65,64} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{64} - T_{65})}{\Delta x}$ $q_{65,66} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{66} - T_{65})}{\Delta x}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{59} - T_{65})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{64} - T_{65})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{66} - T_{65})}{\Delta x} = 0$
66		$q_{66,60} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{60} - T_{66})}{\Delta y} \quad q_{66,65} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{65} - T_{66})}{\Delta x}$ $q_{66,67} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{67} - T_{66})}{\Delta x}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{60} - T_{66})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{65} - T_{66})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{67} - T_{66})}{\Delta x} = 0$
67		$q_{67,61} = k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{61} - T_{67})}{\Delta y} \quad q_{67,66} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{66} - T_{67})}{\Delta x}$ $q_{67,68} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{68} - T_{67})}{\Delta x}$ $k \cdot (\Delta x \cdot 1) \frac{(T_{61} - T_{67})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{66} - T_{67})}{\Delta x} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{68} - T_{67})}{\Delta x} = 0$
68		$q_{68,62} = k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{62} - T_{68})}{\Delta y} \quad q_{68,67} = k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{67} - T_{68})}{\Delta x}$ $k \cdot \left(\frac{\Delta x}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{62} - T_{68})}{\Delta y} + k \cdot \left(\frac{\Delta y}{2} \cdot 1\right) \frac{(T_{67} - T_{68})}{\Delta x} = 0$

Quadro 3 – Estamparia e Corte - Equações de Condução de Calor para Cada Ponto Nodal (continuação)

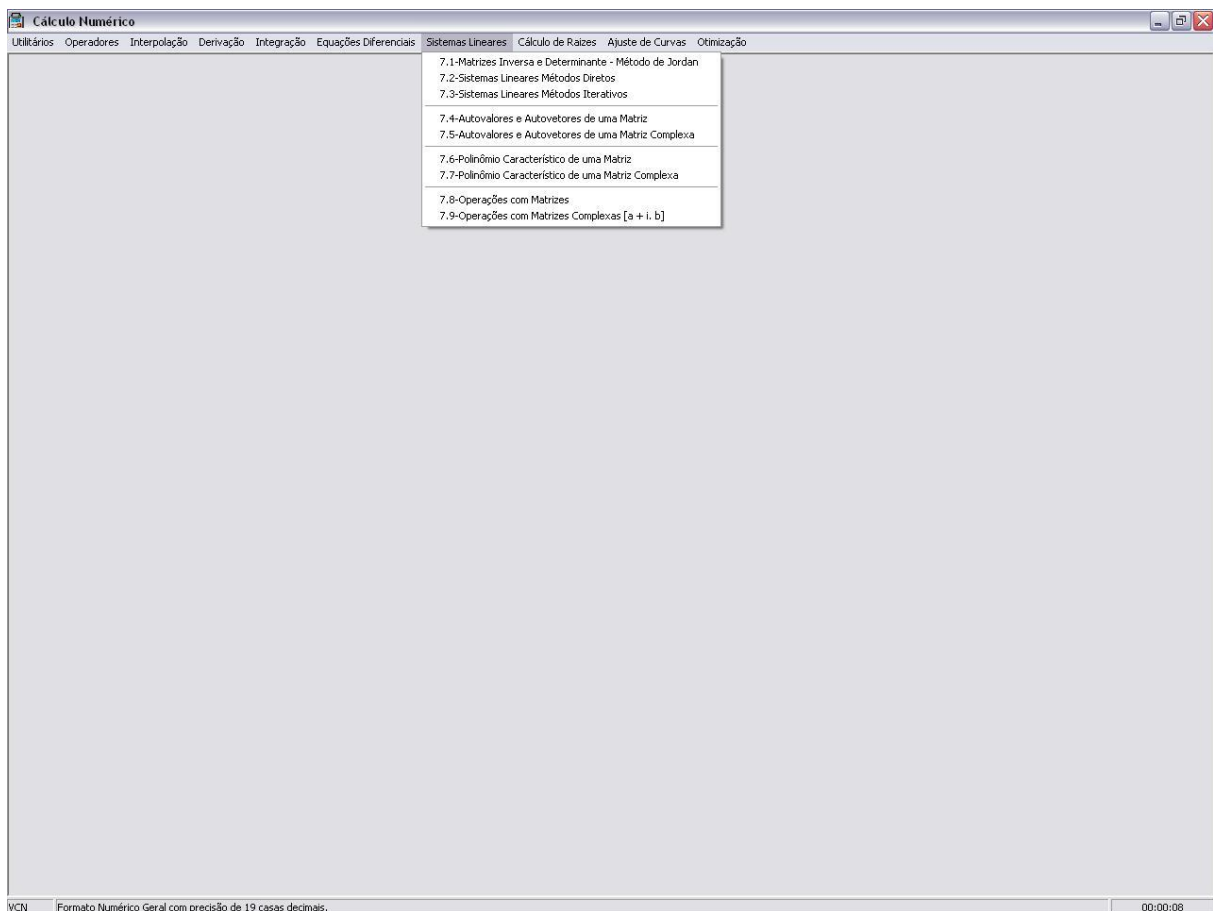
#### 4.5 Metodologia

O efeito do calor gerado pelas das fontes geradoras de calor (máquinas e equipamentos) foi considerado diretamente nos valores nominais das temperaturas coletadas, isso justifica a escolha dos pontos se darem conforme explicitado no estudo de caso, já que a escolha dos pontos foi baseada nos equipamentos dispostos fisicamente.

Para a coleta de temperatura foi adotado um plano horizontal a aproximadamente 80 centímetros do chão. A escolha dessa altura foi devido ao fato da região do abdômen estar mais próximas da fonte geradora. No setor de Comunicação Visual e Administração e Recepção, foram estabelecidos 8 (oito) pontos os quais foram realizadas as coletas de temperatura, ver pontos em destaque nas figuras 13 e 17. No setor de Estamparia e Corte,

foram realizadas as coletas de temperaturas em 16 (dezesesseis) pontos, como pode ser visto em destaque na figura 18.

As temperaturas nos demais pontos foram determinadas por meio das equações desenvolvidas no capítulo anterior e utilizando os valores das temperaturas coletadas. Sendo assim, foi possível montar um sistema linear para cada um dos setores; a partir dos sistemas lineares montou-se matrizes na forma  $A.X = B$ , as quais foram resolvidas com o auxílio do software gratuito VCN (Visual Cálculo Numérico), desenvolvido por uma equipe de professores da PUC-Minas, conforme Figura 19.



**Figura 19 – Tela do Sistema VCN – Cálculo Numérico**

Após encontrar os valores das incógnitas e agrupar em uma matriz juntamente com os valores coletados (Apêndice III), fez-se uso do software Matlab, que subdividiu a rede nodal em intervalos menores, tornando os resultados mais precisos e gerando o perfil de temperatura para cada um dos setores da empresa.

Com as temperaturas coletadas (Apêndice III), foi realizada a média das temperaturas para cada um dos setores envolvidos, e a partir de então determinou-se o valor da constante térmica de condução de calor “k” para cada setor estudado.

Para cada setor foram realizadas cinco coletas de temperaturas, sendo três dessas realizadas no período matutino e as outras duas no período vespertino.

- A primeira coleta foi realizada às 08:00 horas, com todos os equipamentos desligados.
- A segunda foi realizada às 09:30 horas, no qual somente as mesas do setor de estamperia estavam ligadas.
- A terceira foi realizada às 10:30 horas, com a temperatura já estabilizada; mantendo as mesas ligadas e acrescentando a utilização de uma prensa também vinculada ao setor de estamperia.
- A quarta coleta foi realizada às 13:00 horas; cujo horário correspondia ao almoço dos funcionários, ou seja, todos os equipamentos estavam desligados.
- A quinta coleta foi realizada às 14:30 horas, já com as temperaturas estabilizadas, e as mesas juntamente com as duas prensas em pleno funcionamento.

As coletas dessas temperaturas não ocorreram no mesmo dia; sendo as mesmas realizadas no período de inverno, mais especificamente no mês de agosto; com tempo seco e baixa umidade relativa do ar na cidade de Maringá-PR.

Segundo a estação meteorológica da UEM, a umidade relativa média do ar entre os horários das 13 às 16 horas do dia 22 de agosto, intervalo no qual foram realizadas a coleta de temperatura, era de aproximadamente 35% considerando uma altitude de 542m.

Devido à indisponibilidade de equipamentos como: psicrómetro, termômetro de globo e anemômetro de baixa velocidade, utilizamos o termômetro de mercúrio para a realização das coletas de temperaturas, ficando impossibilitado de calcular a temperatura de globo e a velocidade do ar ao redor do globo negro.

Tratando de ambiente fechado e não havendo fluxo de ar perceptível, admitiu-se movimento mínimo de ar com uma velocidade de 1 m/s.

Da Tabela 1, obteve-se a taxa de metalismo de 1,9 Met, considerando que o ambiente é plano e os funcionários desse setor se movimentam em superfície plana a aproximadamente 2 km/h.

Dessa maneira foi realizada uma estimativa do índice de conforto térmico nesse setor utilizando o software Conforto 2.03, com as seguintes entradas de dados: temperatura média da coleta realizada as 14:30 horas no setor de Estamparia e Corte, a umidade relativa nesse mesmo período, a velocidade estimada do ar, taxa de metabolismo, e o isolamento térmico da roupa fornecida pelo sistema.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante o período de estágio e as coletas de dados realizados na estamperia, verificou-se que vários pontos no setor produtivo necessitavam de melhorias. Dentre elas, temos:

A criação de pequenas prateleiras para armazenagem das tintas utilizadas na estamperia, o que se pode dizer que após a sua implantação, as tintas ficaram organizadas de maneira sistêmica, gerando um melhor acesso e utilização das mesmas.

A elevação da altura de umas das mesas, para que esta se adequasse aos padrões ergonômicos, ocasionando uma elevação no grau de satisfação dos funcionários.

O rebaixamento das luminárias, para um melhorar a iluminação do local, tornando o mais claro possível.

O fato da empresa trabalhar em função da demanda, nos impediu de realizar as coletas de temperaturas com a empresa em pleno funcionamento, porém, no segundo dia de coletas, no qual grande parte dos equipamentos estavam ligados houve um agravante, o disjuntor não suportou as máquinas ligadas, vindo a desarmar. Esse fato evidenciou um problema desconhecido até mesmo pelo proprietário da empresa, que prontamente providenciou a presença de um técnico para adequação do sistema elétrico.

No setor de Comunicação, as temperaturas médias encontrada para as coletas e as respectivas constantes de condutividade térmica foram:

- Coleta realizada às 08:00 horas:  $T_m = 24,5^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02610 \text{ W/m.K}$ .
- Coleta realizada às 09:30 horas:  $T_m = 25^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02615 \text{ W/m.K}$ .
- Coleta realizada às 10:30 horas:  $T_m = 26,5^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02627 \text{ W/m.K}$ .
- Coleta realizada às 13:00 horas:  $T_m = 27^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02630 \text{ W/m.K}$ .
- Coleta realizada às 14:30 horas:  $T_m = 30,5^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02656 \text{ W/m.K}$ .

Para o setor de Administração e Recepção obteve-se:

- Coleta realizada às 08:00 horas:  $T_m = 22,7^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02597 \text{ W/m.K}$ .

- Coleta realizada às 09:30 horas:  $T_m = 24,2^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02608 \text{ W/m.K}$ .
- Coleta realizada às 10:30 horas:  $T_m = 23,4^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02603 \text{ W/m.K}$ .
- Coleta realizada às 13:00 horas:  $T_m = 26,8^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02630 \text{ W/m.K}$ .
- Coleta realizada às 14:30 horas:  $T_m = 29,5^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02650 \text{ W/m.K}$ .

Para o setor de Estamparia e corte obteve-se:

- Coleta realizada às 08:00 horas:  $T_m = 24,8^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02611 \text{ W/m.K}$ .
- Coleta realizada às 09:30 horas:  $T_m = 26,7^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02628 \text{ W/m.K}$ .
- Coleta realizada às 10:30 horas:  $T_m = 27,3^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02633 \text{ W/m.K}$ .
- Coleta realizada às 13:00 horas:  $T_m = 28,1^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02640 \text{ W/m.K}$ .
- Coleta realizada às 14:30 horas:  $T_m = 30,9^\circ\text{C}$  e  $K = 0,02660 \text{ W/m.K}$ .

### 5.1 Análise do Setor de Comunicação Visual

No setor de comunicação visual não se notou muita variação nos resultados obtidos, ou seja, não houve grande variação de temperatura, considerando que neste setor só há uma secadora e que os demais equipamentos ali dispostos não exercem grandes impactos. Um outro fator interessante, é que em parte desse setor situa-se um banheiro, no qual os estampadores utilizam quase que em tempo integral para lavagem das telas de serigrafia, o que torna esta região mais agradável.

As Figuras 20 a 24 apresentam o perfil de temperatura e a fuga de calor para as 5 (cinco) coletas realizadas.

Observando-se o ponto 1 da Figura 20<sup>a</sup> ( $y > 4\text{m}$ ), nota-se que é a região mais azulada do gráfico, ou seja, a região com menos intensidade de calor do setor; isso se deve ao fato da existência de um banheiro, no qual é utilizado para lavagem de telas, como mencionado anteriormente. Já o ponto 17 ( $y < 2\text{m}$ ), mostrou uma elevada temperatura, já que nessa região fica disposta uma secadora, na qual é utilizada para a secagem das telas, logo após a lavagem das mesmas.

No ponto 28 ( $x > 4\text{m}$ ), tem-se uma porta que liga o setor de Comunicação Visual ao setor de Administração e Recepção, o gráfico de perfil de Fuga de Calor (Figura 20B) mostra claramente essa fuga de calor para o setor de Administração e Recepção.

No entanto deve-se atentar para a escala de temperatura nos gráficos, já que a coloração é a mesma, azul para a temperatura menor e vermelho para a temperatura maior.

Na primeira coleta às 08:00 hrs (Figura 20) com todos os equipamentos desligados, a variação de temperatura foi de  $2^{\circ}\text{C}$  apenas, indicando um equilíbrio térmico.

Na segunda coleta às 08:30 hrs com equipamentos ligados (Figura 21), uma variação maior de temperatura (de  $4^{\circ}\text{C}$ ) foi observada, indicando um fluxo de calor da região onde está a secadora para o restante do ambiente.

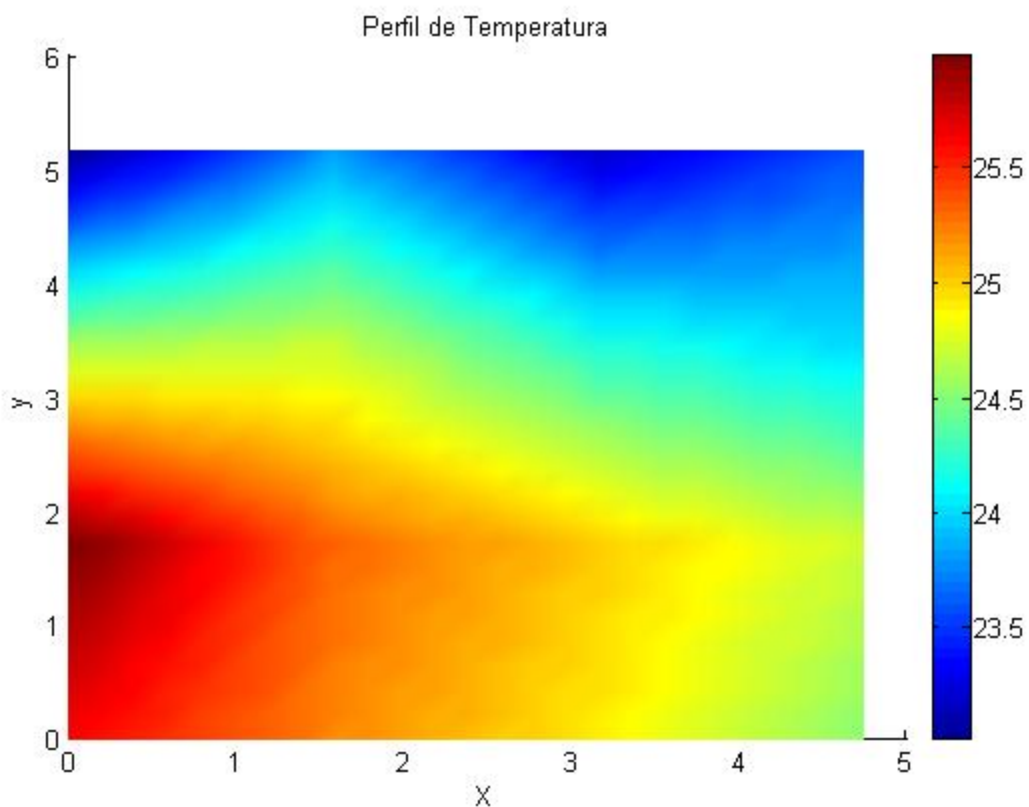
Já a Figura 22 mostra o perfil de temperatura e a fuga de calor para a terceira coleta. Verificou-se uma variação de temperatura de  $9^{\circ}\text{C}$  pelo pleno funcionamento dos equipamentos e que a grande área azul está numa temperatura ( $\cong 25^{\circ}\text{C}$ ) correspondente a área vermelha da Figura 20, indicando um acréscimo na temperatura ambiente.

O perfil de temperatura e a fuga de calor da quarta coleta estão apresentados na Figura 23. Como esta coleta corresponde ao horário de almoço dos funcionários, os equipamentos estavam desligados e não havia fluxo de funcionários no local. Estes fatos justificam os resultados obtidos, uma grande região central amarela/laranja ( $\cong 27^{\circ}\text{C}$ ) evidenciando um equilíbrio térmico com fluxo de calor uniforme. Esta figura mostra ainda que a maior temperatura corresponde ao ponto 12, próximo à mesa de adesivagem (Apêndices I e II).

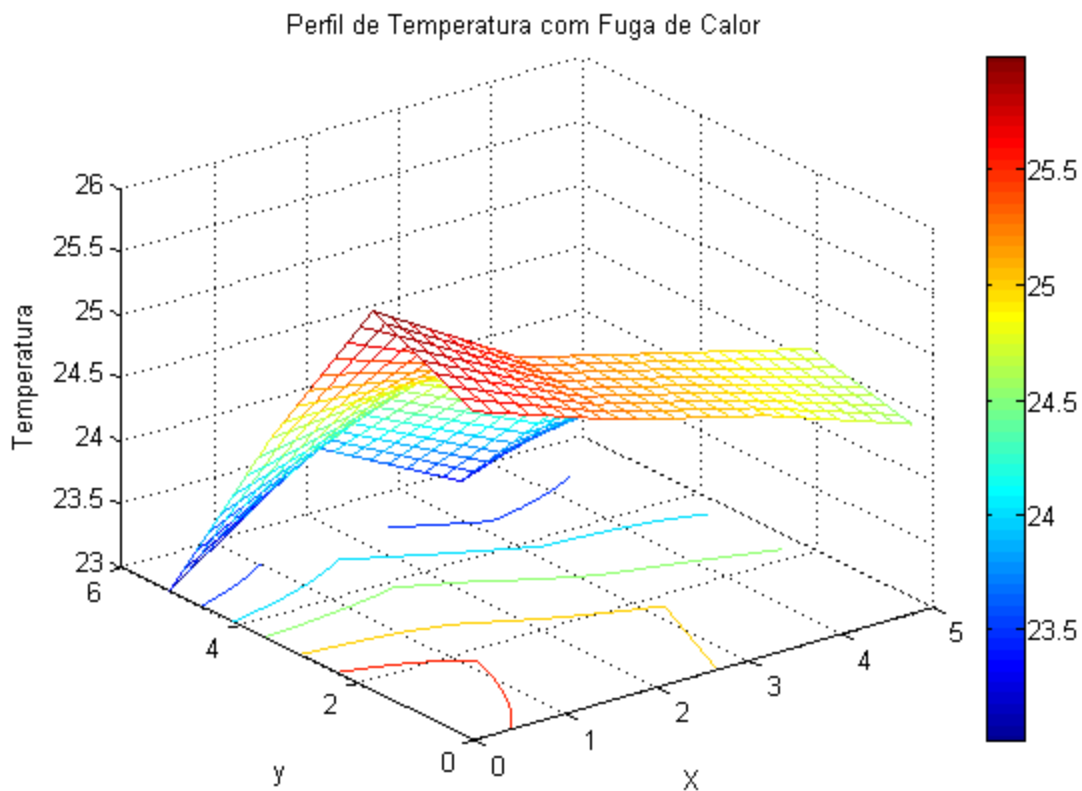
A Figura 24 é a mais representativa de todas, pois representa a quinta coleta com todos os equipamentos operando plenamente. Nesta coleta, observou-se a maior temperatura ( $\cong 36^{\circ}\text{C}$ ) próximo à secadora, e a maior temperatura em todo o ambiente ( $\cong 29^{\circ}\text{C}$ ). Este aumento também pode ser justificado pela temperatura do ambiente externo, já que próximo às 14:00 hrs tem-se as temperaturas máximas do dia.

Quanto ao conforto térmico, os funcionários deste setor sofrem com temperaturas elevadas, principalmente no período vespertino. Estes dados podem indicar uma diminuição no rendimento dos funcionários neste período, conforme aponta a literatura (Frota e Schiffer, 1987).



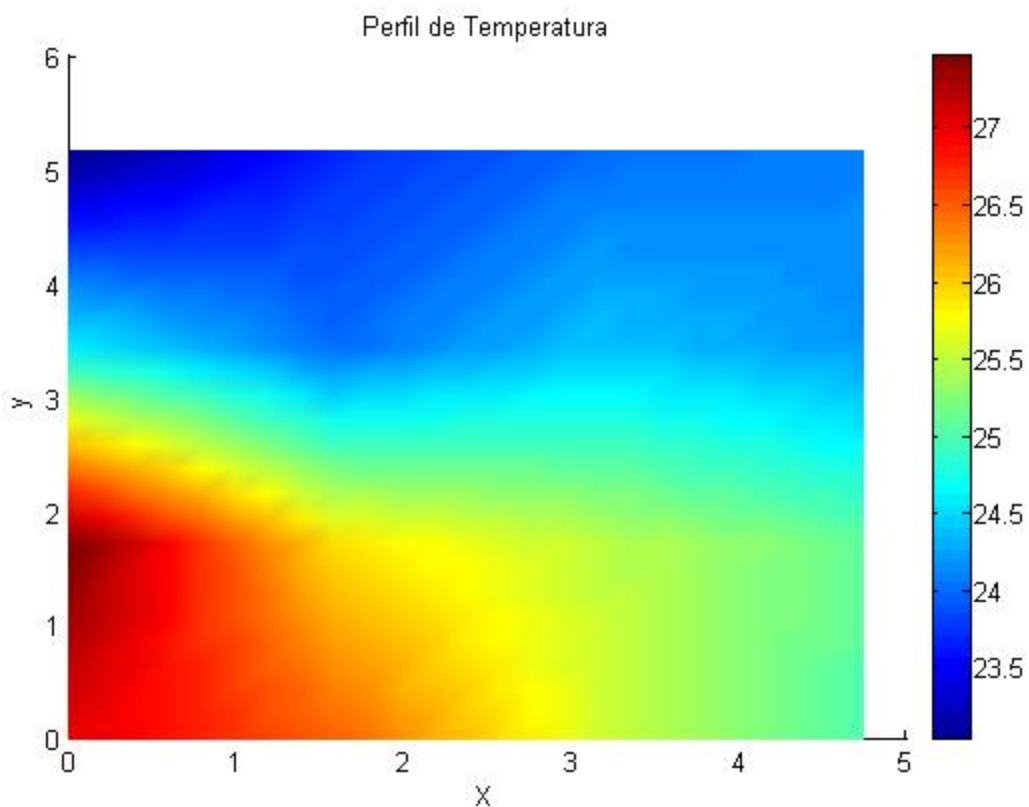


(A)

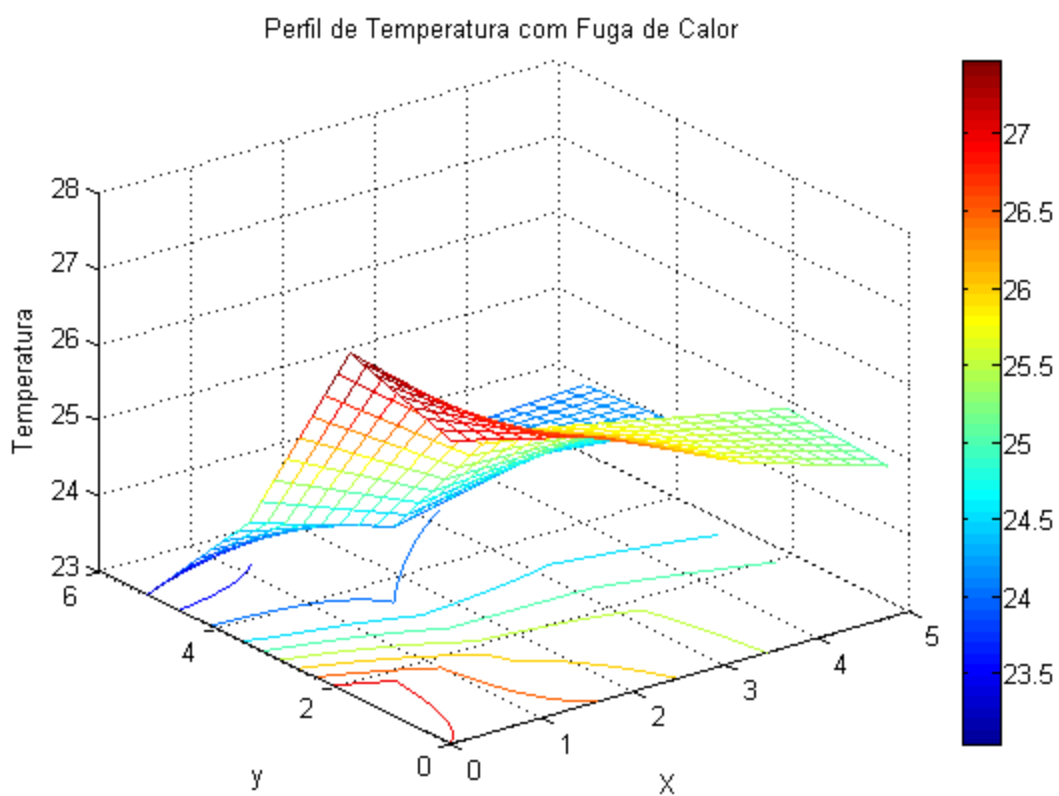


(B)

Figura 20 – Perfil de Temperatura (A) às 08:00 hrs – Equipamentos desligados e (B) com Fuga de Calor às 08:00 hrs – Equipamentos Desligados (Setor de Comunicação Visual).

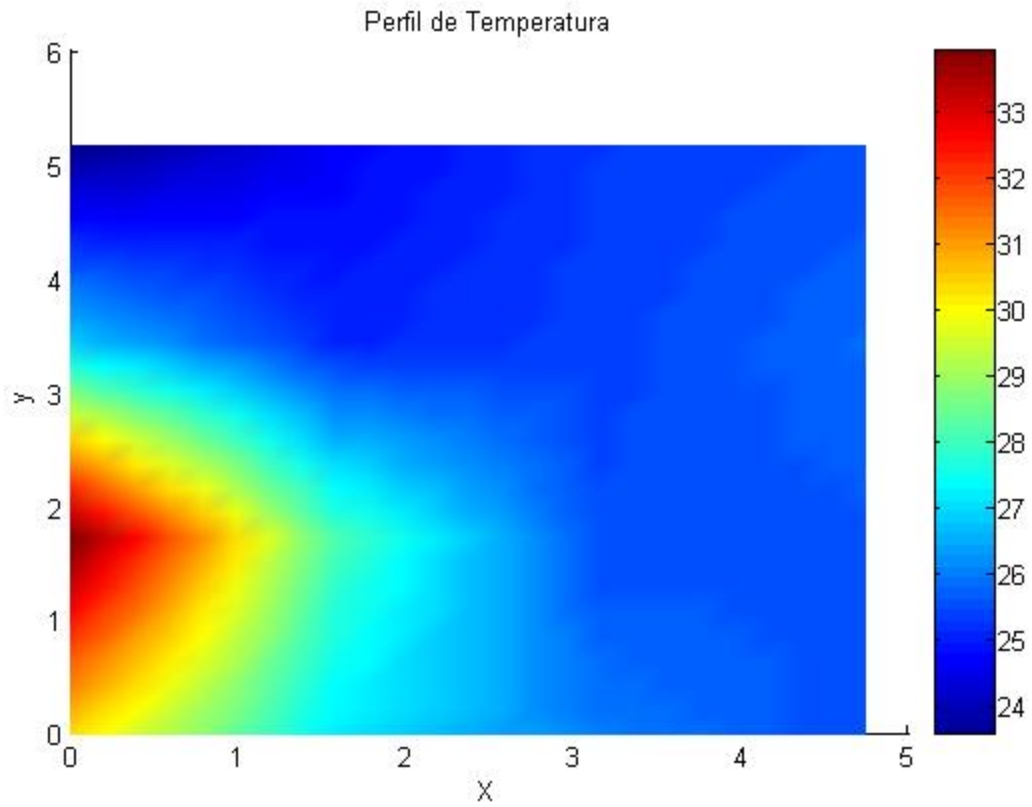


(A)

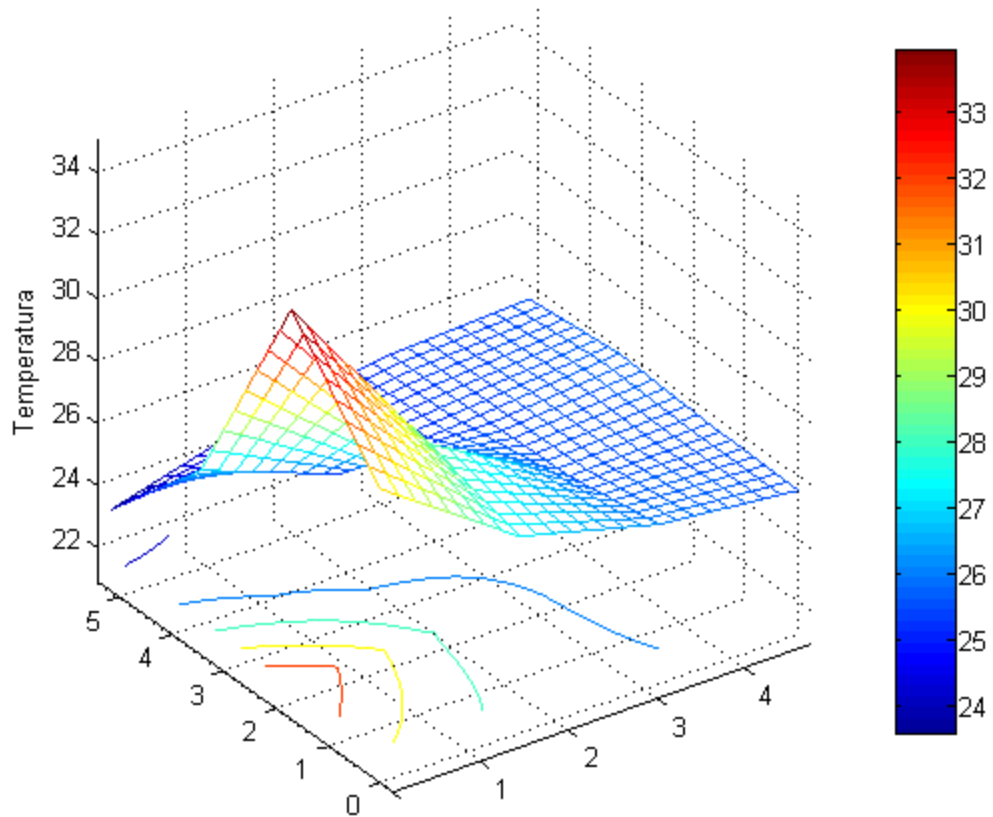


(B)

**Figura 21 – Perfil de Temperatura (A) às 09:30 hrs – Equipamentos Ligados e (B) com Fuga de Calor às 09:30 hrs– Equipamentos Ligados (Setor de Comunicação Visual).**



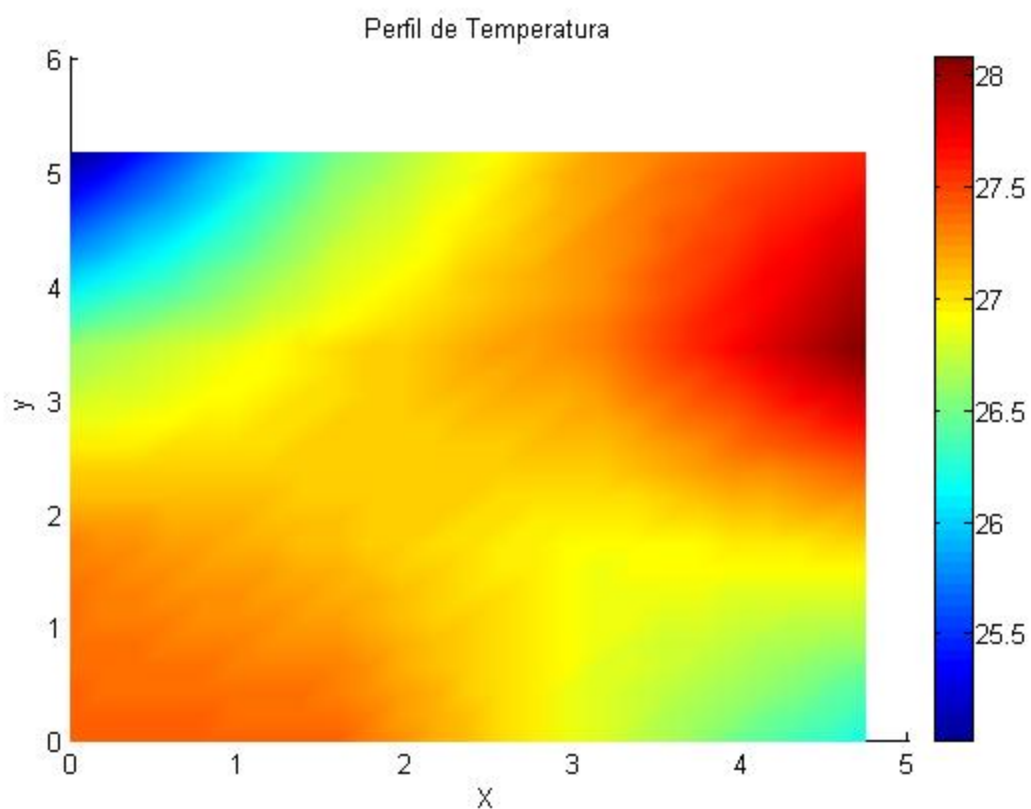
(A)



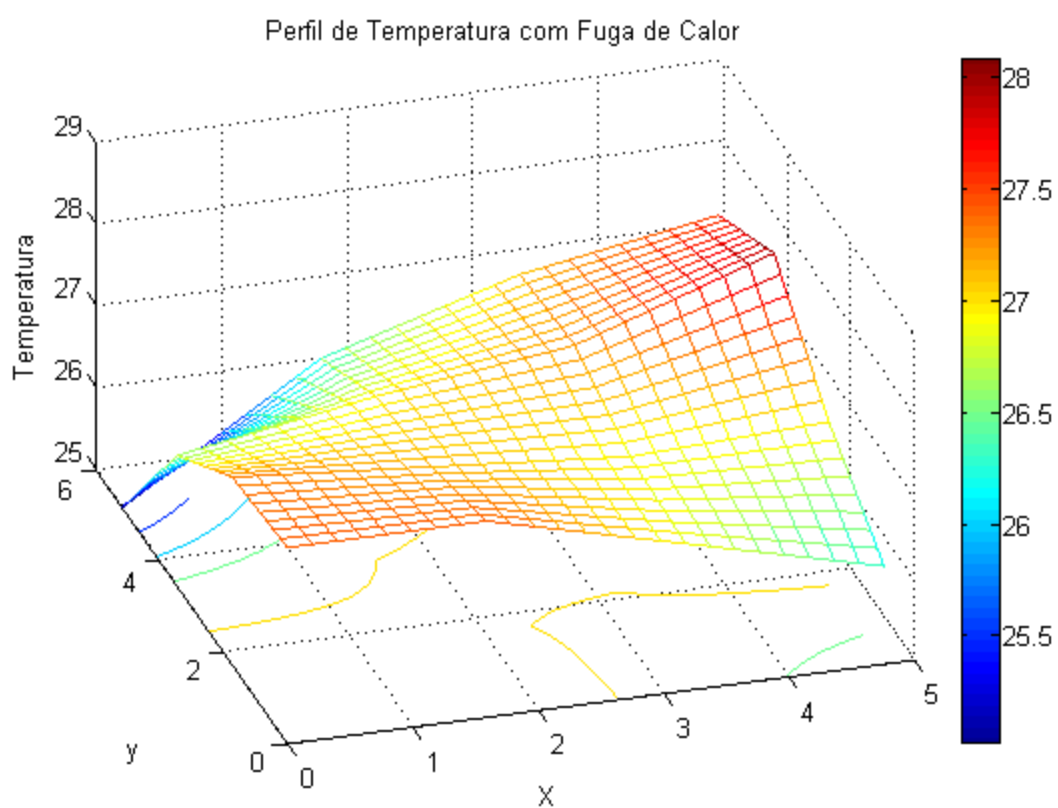
(B)

Figura

**Figura 22 – Perfil de Temperatura (A) às 10:30 – Equipamentos Ligados e (B) com Fuga de Calor às 10:30 hrs– Equipamentos Ligados (Setor de Comunicação Visual).**

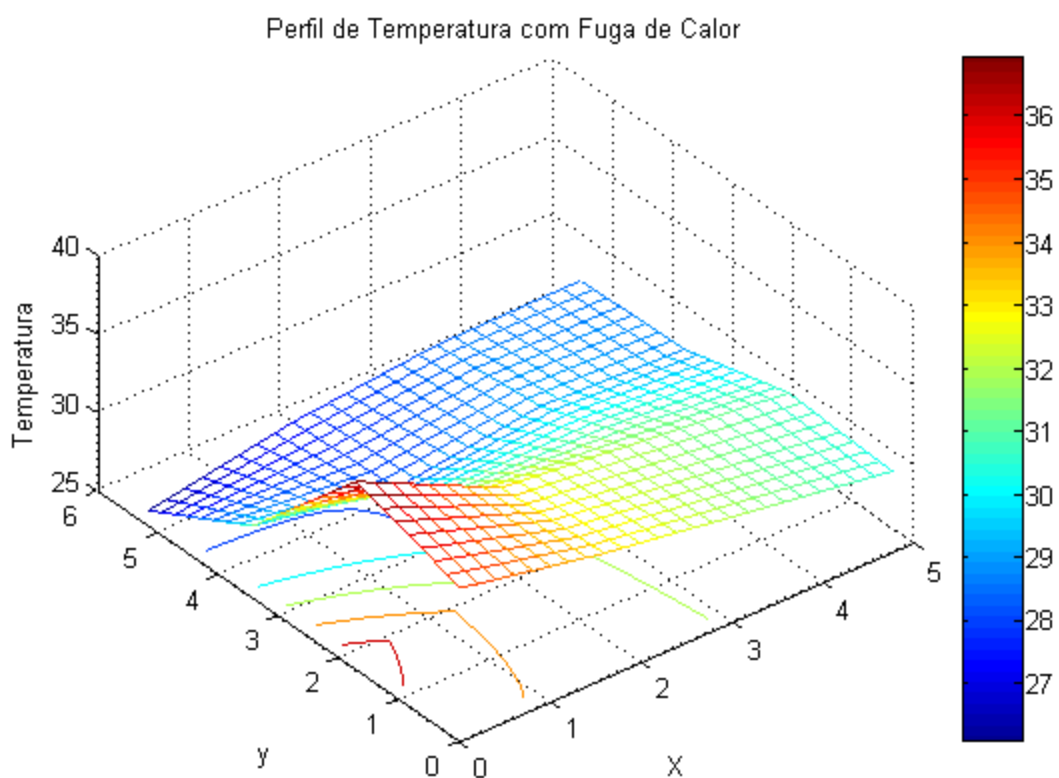
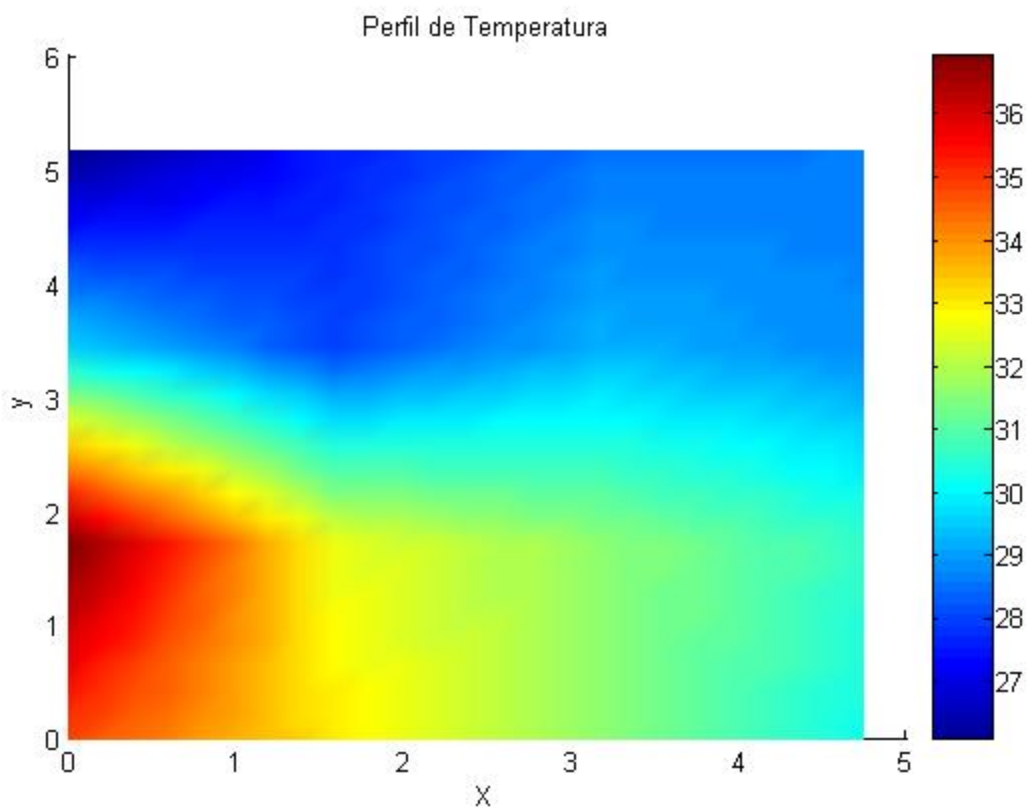


(A)



(B)

Figura 23 – Perfil de Temperatura (A) às 13:00 hrs – Equipamentos Desligados e (B) com Fuga de Calor às 13:00 hrs– Equipamentos Desligados (Setor de Comunicação Visual).



**Figura 24 – Perfil de Temperatura (A) às 14:30 – Equipamentos Ligados e (B) com Fuga de Calor às 14:30 hrs – Equipamentos Ligados (Setor de Comunicação Visual).**

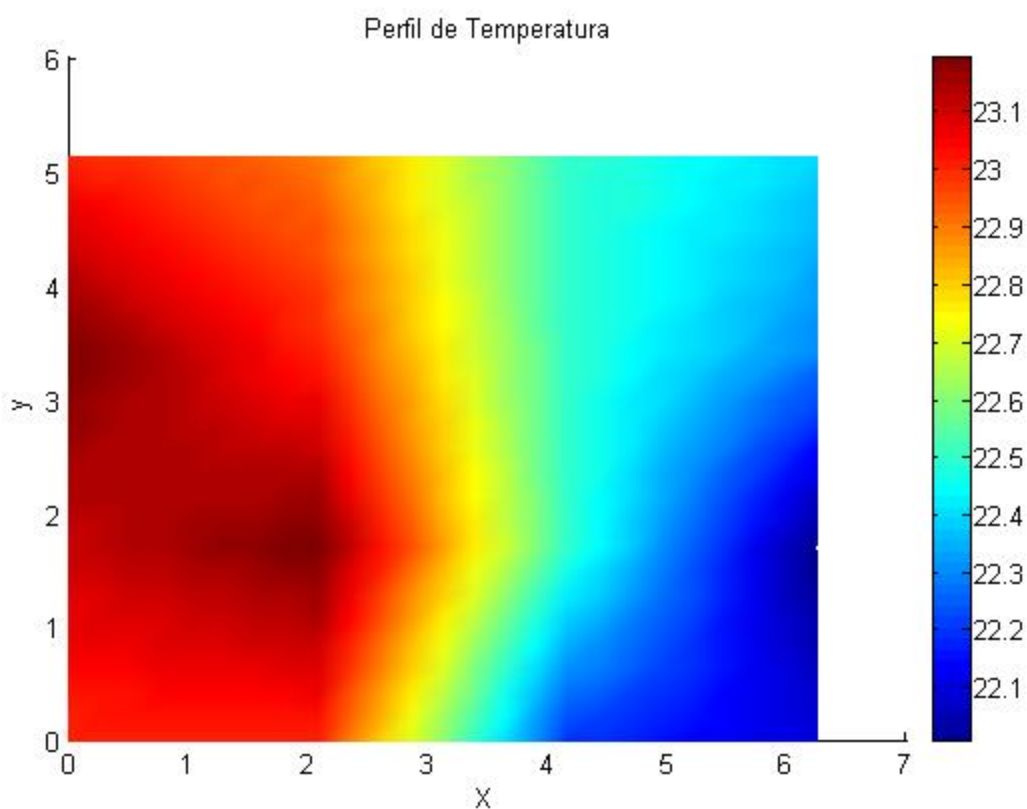
## 5.2 Análise do Setor de Administração e Recepção

No que diz respeito a conforto térmico; este é o setor da empresa no qual menos se tem desconforto. Pode-se perceber que a faixa variante de temperatura é pequena; o lugar onde a temperatura é mais elevada fica próximo à porta, ou seja, a região transiente entre o Setor de Comunicação Visual e o Setor de Administração e Recepção. Percebe-se ainda que o calor gerado através do funcionamento da secadora se propaga em direção ao setor de Administração e Recepção, onde a temperatura é menor;

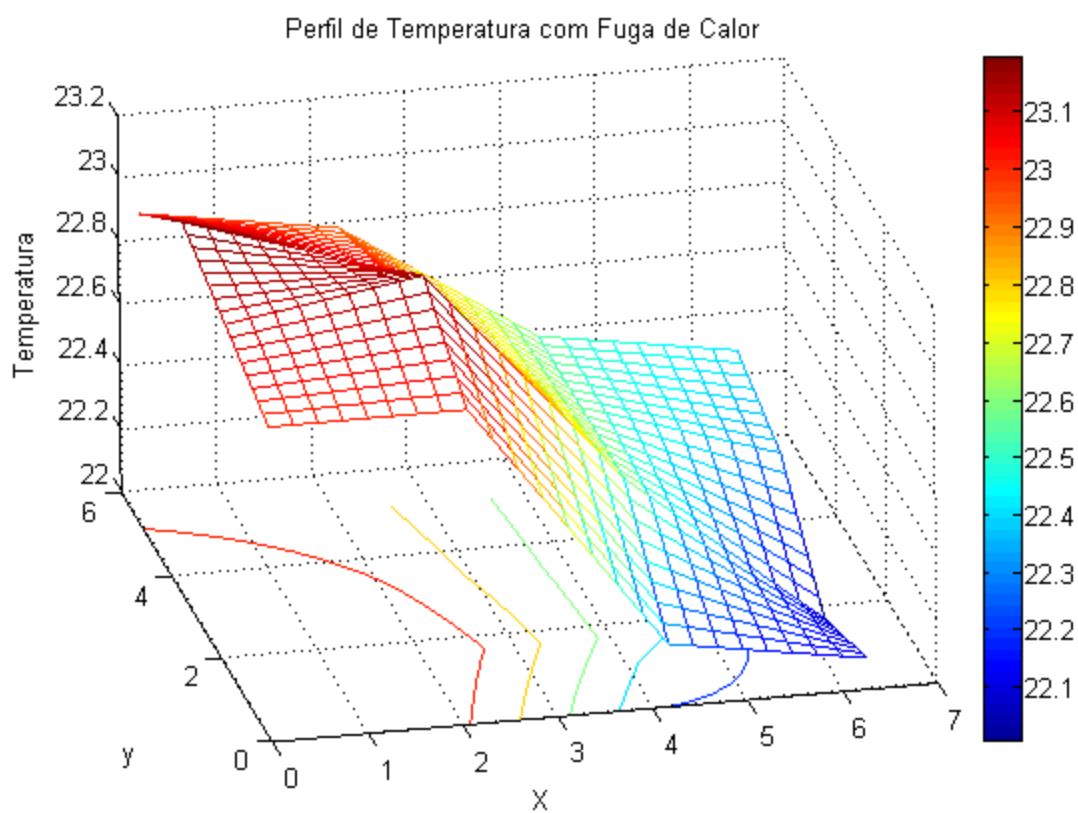
Neste setor não há equipamento algum que pode ser considerado como uma fonte geradora de calor em potencial, nele estão dispostos apenas computadores. Sendo ainda que neste setor situa-se uma janela e porta de entrada, o que faz a temperatura variar em diferentes momentos do dia, como pode-se analisar claramente nos gráficos que representam esse setor.

As Figuras 25 a 29 apresentam o perfil de temperatura e fuga de calor para as 5 (cinco) coletas, respectivamente.

Todos os gráficos mostram uma pequena variação de temperatura, em torno de 2°C; e uma tendência interessante, até a terceira coleta (10:30 hrs) a maior temperatura era próximo a parede de divisão com o setor de Comunicação Visual, como já foi dito, e após esse período, a temperatura maior (30°C) passou para a parede oposta, a qual recebe a radiação solar no período vespertino.

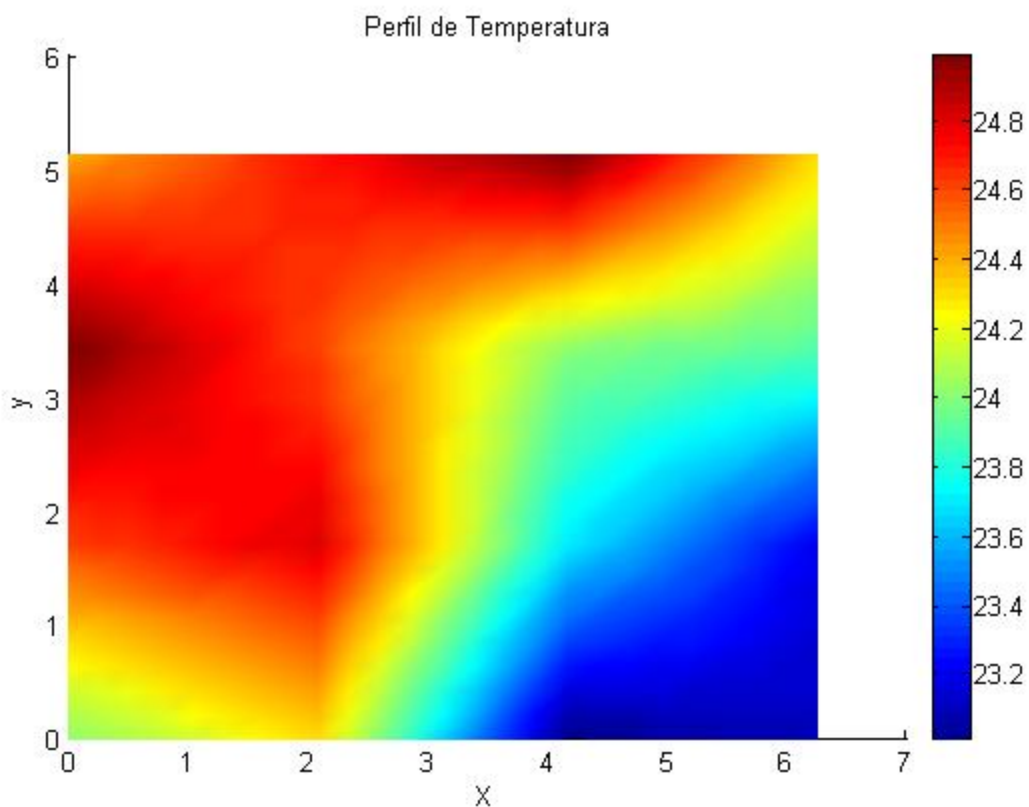


(A)

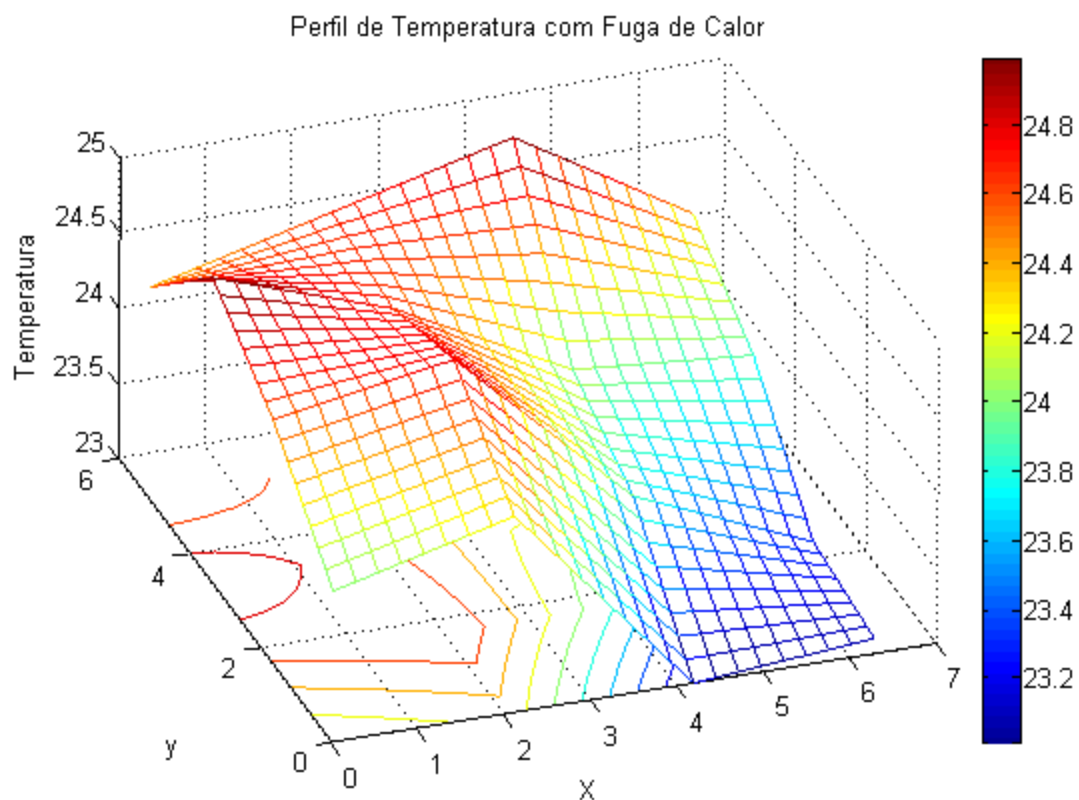


(B)

Figura 25 – Perfil de Temperatura (A) às 08:00 hrs – Equipamentos desligados e (B) com Fuga de Calor às 08:00 hrs – Equipamentos Desligados (Setor de Administração e Recepção).



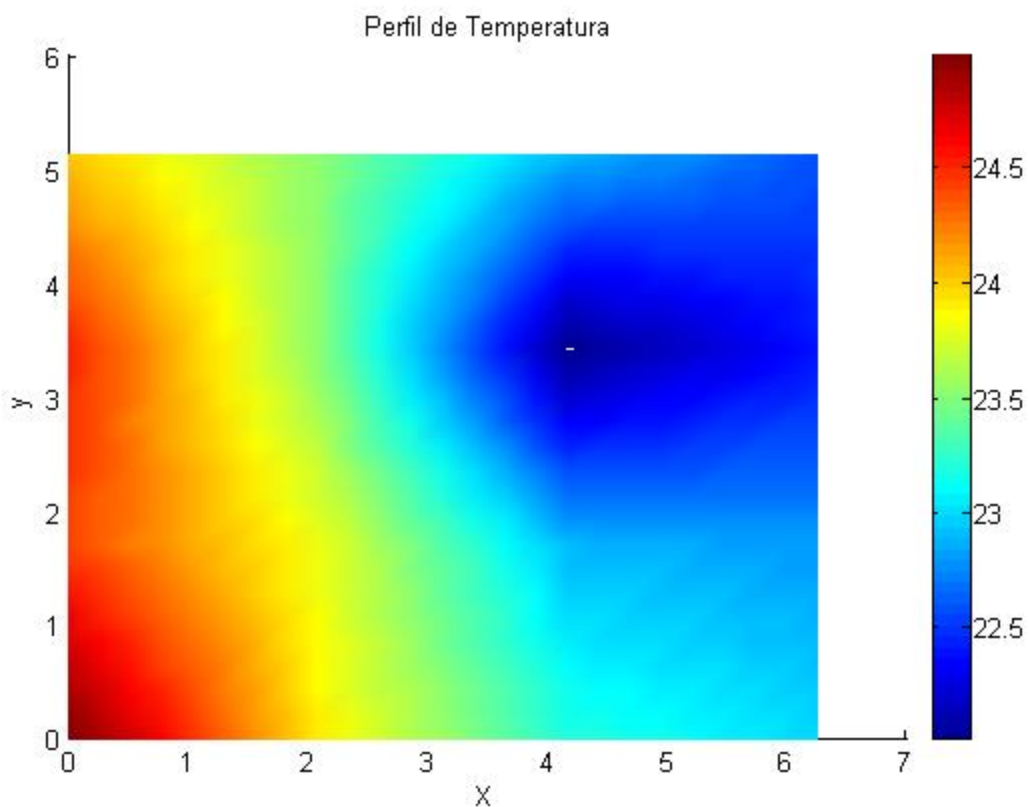
(A)



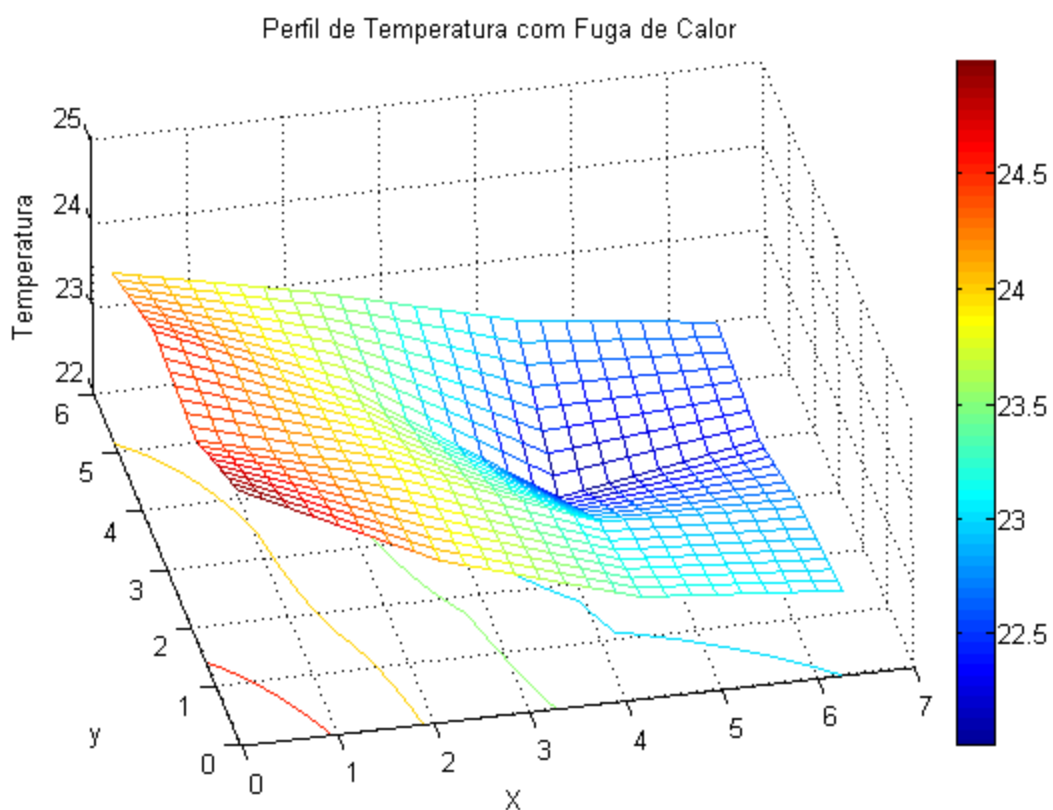
(B)

Figura 26 – Perfil de Temperatura (A) às 09:30 hrs – Equipamentos Ligado e (B) com Fuga de Calor às 09:30 hrs– Equipamentos Ligados (Setor de Administração e Recepção).



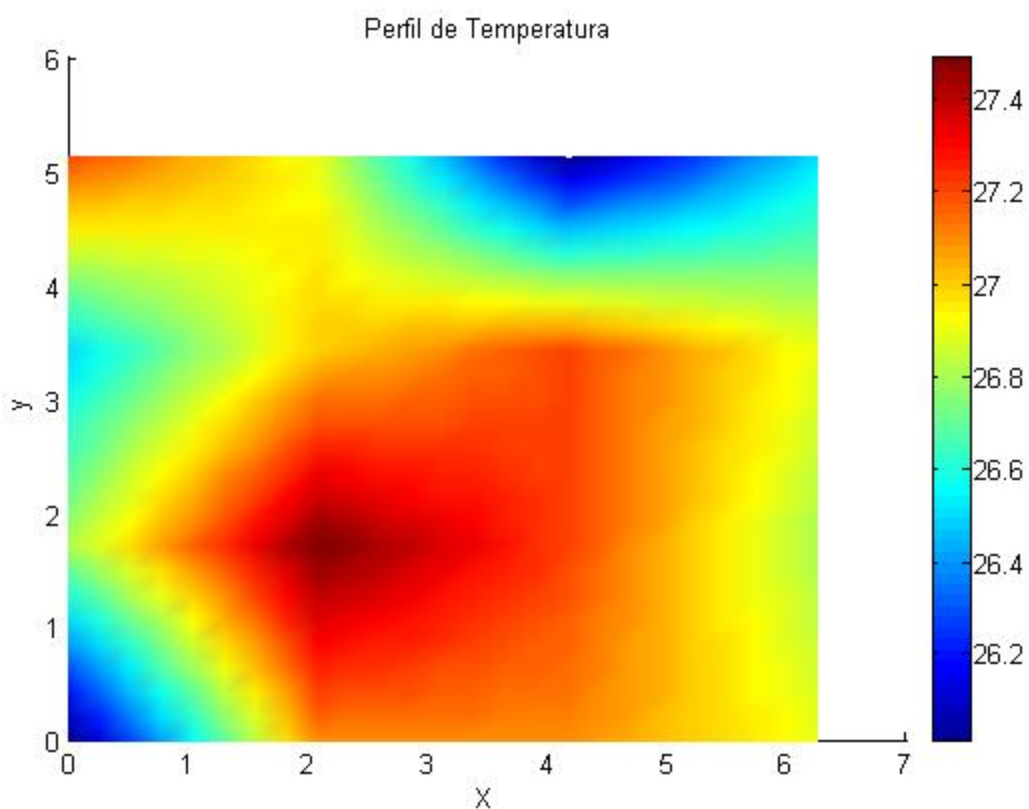


(A)

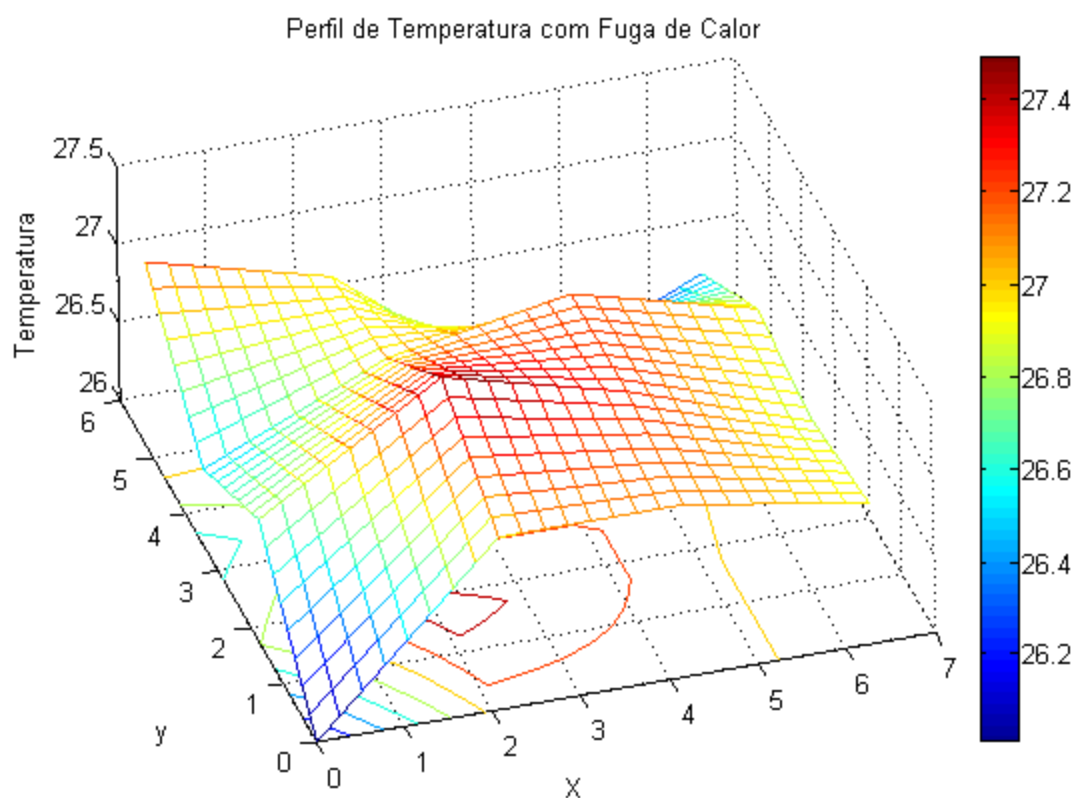


(B)

Figura 27 – Perfil de Temperatura (A) às 10:30 – Equipamentos Ligados e (B) com Fuga de Calor às 10:30 hrs – Equipamentos Ligados (Setor de Administração e Recepção).

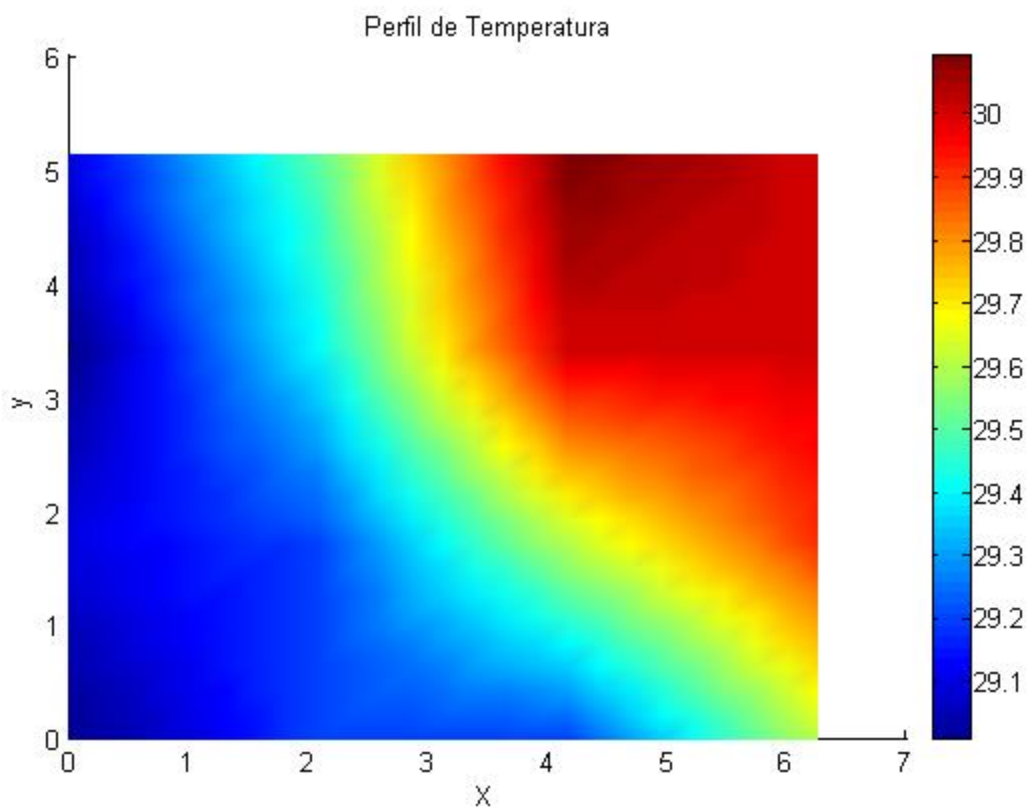


(A)

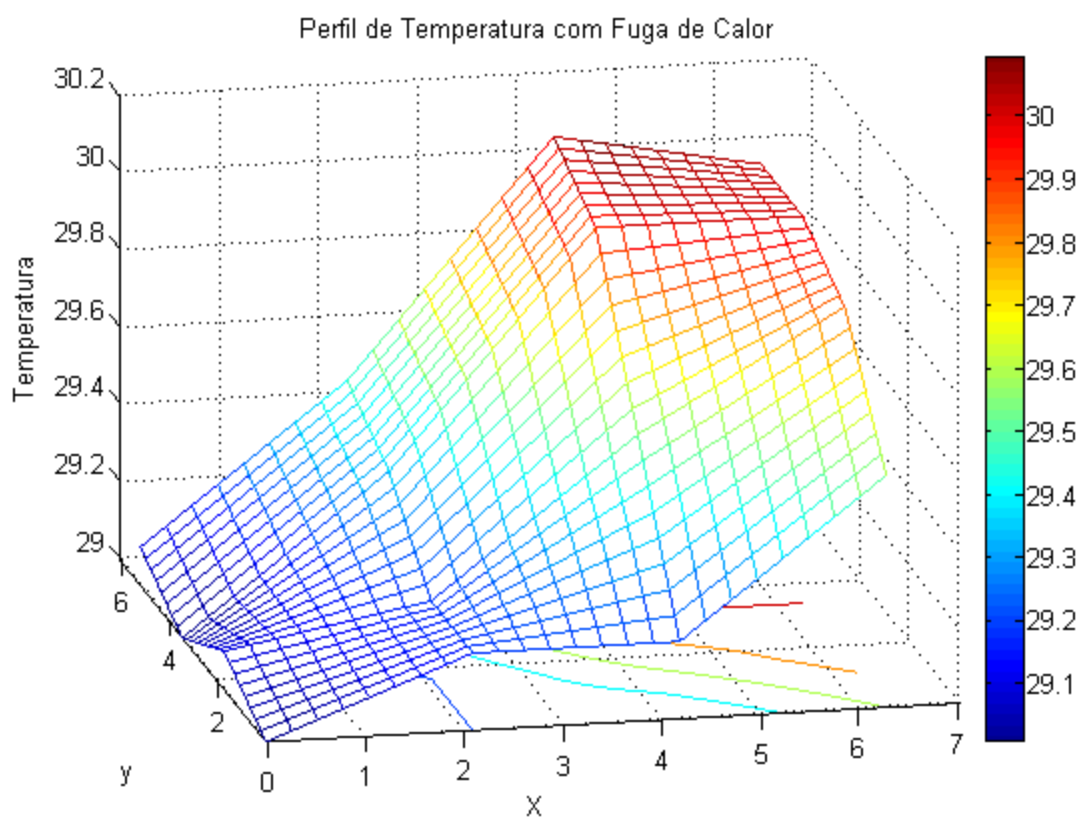


(B)

Figura 28 – Perfil de Temperatura (A) às 13:00 hrs – Equipamentos Desligados e (B) com Fuga de Calor às 13:00 hrs– Equipamentos Desligados (Setor de Administração e Recepção).



(A)



(B)

**Figura 29 – Perfil de Temperatura (A) às 14:30 – Equipamentos Ligados e (B) com Fuga de Calor às 14:30 hrs – Equipamentos Ligados (Setor de Administração e Recepção).**

### 5.3 Análise do Setor de Estamparia e Corte

Este setor é o setor crítico da empresa, nele estão dispostos a maioria das fontes geradoras de calor. São equipamentos que trabalham em função da demanda, o que pode provocar a alternância de status (ligado/desligado) diversas vezes em um mesmo dia. As mesas térmicas permanecem ligadas praticamente durante todo o expediente, sendo desligada somente no horário de almoço ou quando não há produção para a mesma. Há ainda nesse setor duas prensas térmicas, sendo uma menor utilizada para aplicação de adesivos em camisetas, e uma outra de maior proporção para a produção de camisas de futebol, utilizando o processo de sublimação.

Há ainda um flash cure, que é o equipamento utilizado para a secagem das tintas já aplicadas sobre as camisetas. Esse equipamento é utilizado quando o berço ou o soprador térmico não são suficientes para a secagem das peças, ou mesmo quando as mesas não dispõem de sistema de aquecimento próprio; ou ainda quando há urgência em determinados pedidos.

O espaço físico onde se realiza o corte do tecido para posterior estampagem e costura não sofre muita influência com a fuga de calor, já que há uma parede em alvenaria que separa o corte da estamparia.

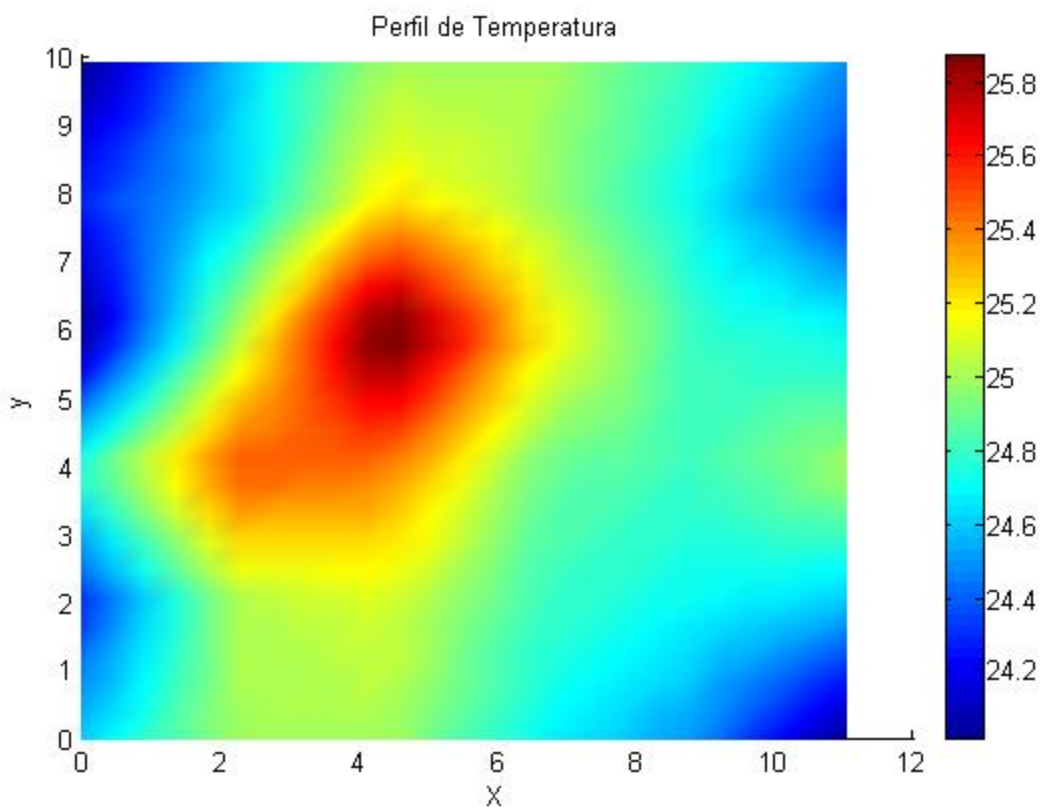
Na primeira coleta de temperatura, os valores encontrados não apresentavam grandes variações conforme mostra a Figura 30.

Já nas segunda e terceira coletas, observou-se que a região mais quente (Figura 31 e 32) corresponde à posição na qual se encontra a mesa térmica ligada (Apêndice I), e a região mais fria corresponde ao setor de corte (mesa de corte).

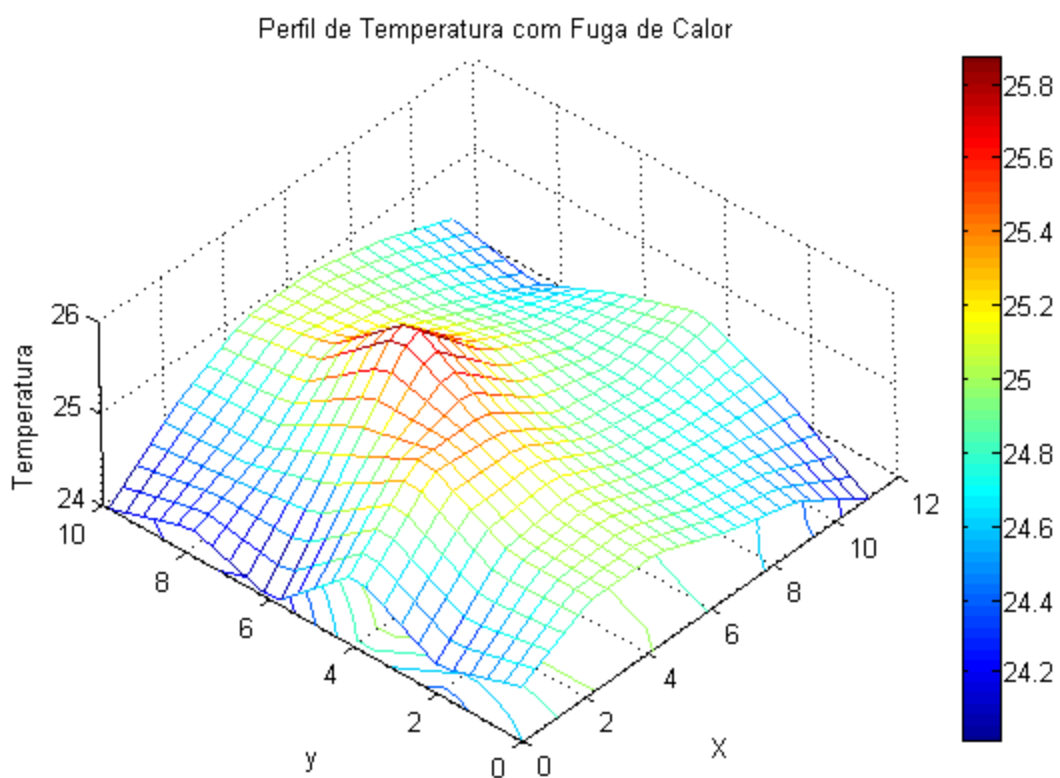
Durante o almoço, com as máquinas desligadas, o calor se dissipou por todo o ambiente (Figura 33), e este passou a apresentar uma temperatura uniforme próximo a 28,5°C, com exceção da região ( $x > 10\text{m}$ ) próxima do banheiro (Apêndice I).

Avaliando a Figura 34, observou-se nitidamente a variação de temperatura ocasionada pela mesa de *transfer* (Apêndice I). Neste ponto a temperatura chegou a 36°C, enquanto o equipamento estava ligado.

Esta grande variação de temperatura causa um certo desconforto térmico aos funcionários, apesar desta exposição ser momentânea e esporádica. Porém deve-se lembrar que estas coletas foram realizadas no período do inverno, e que esta situação pode piorar no verão.

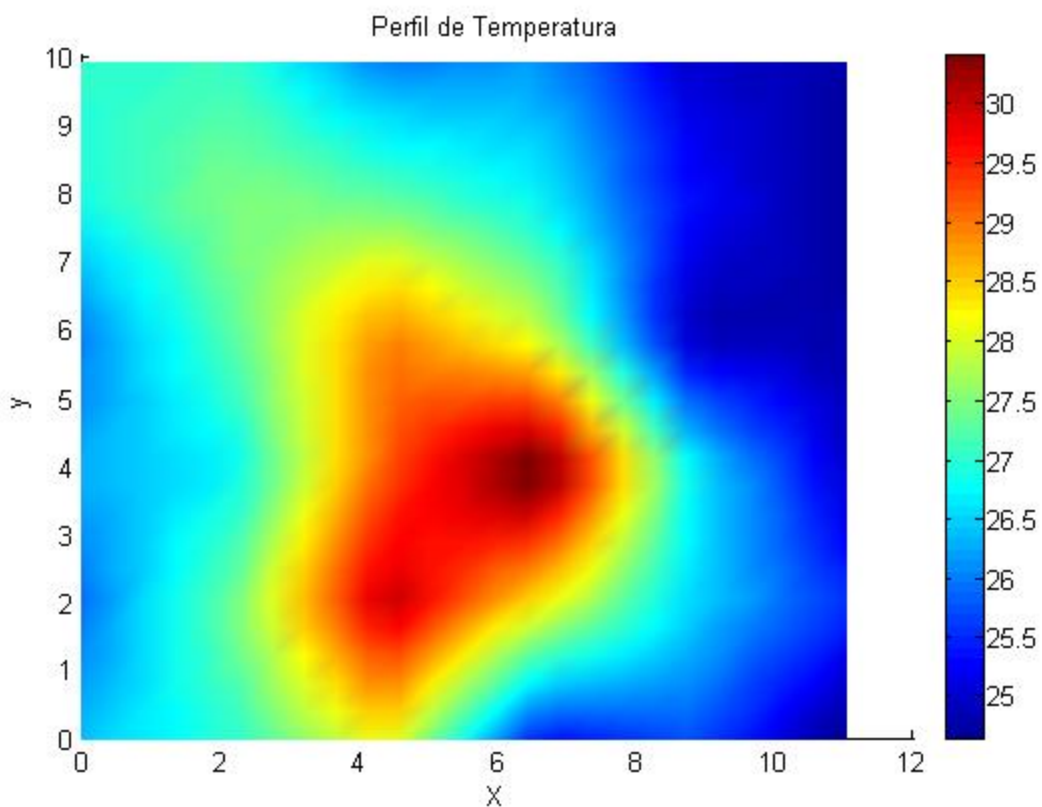


(A)

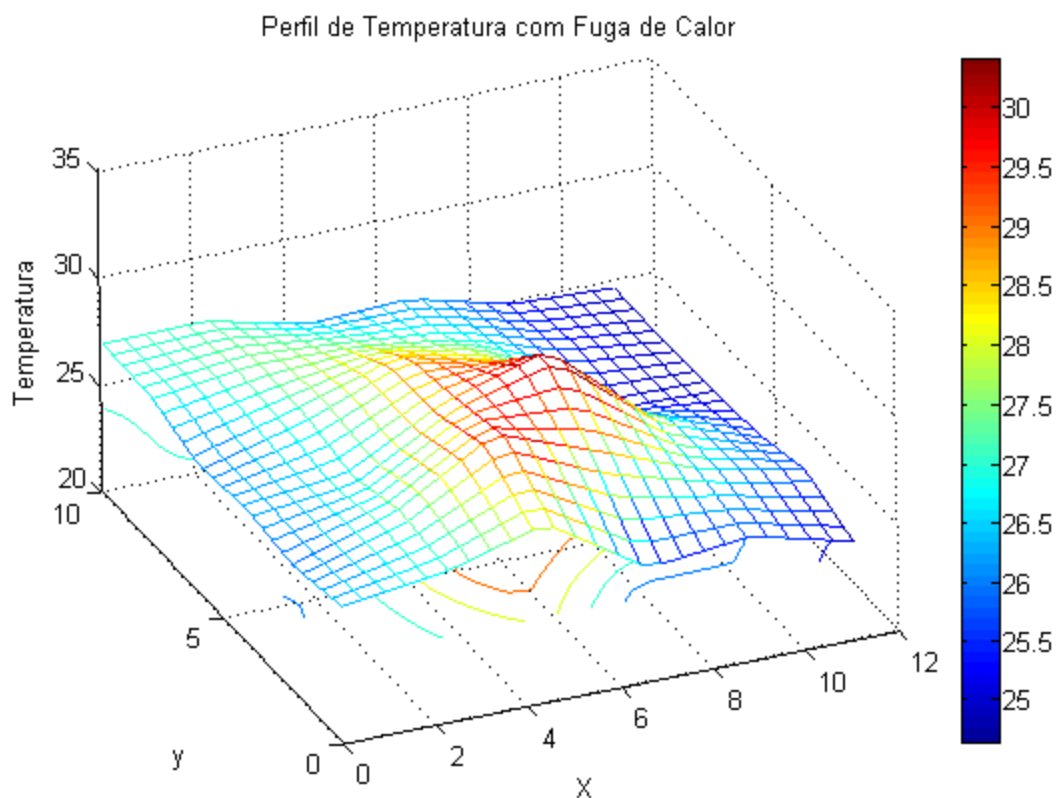


(B)

Figura 30 – Perfil de Temperatura (A) às 08:00 hrs – Equipamentos desligados e (B) com Fuga de Calor às 08:00 hrs – Equipamentos Desligados (Setor de Estamparia e Corte).

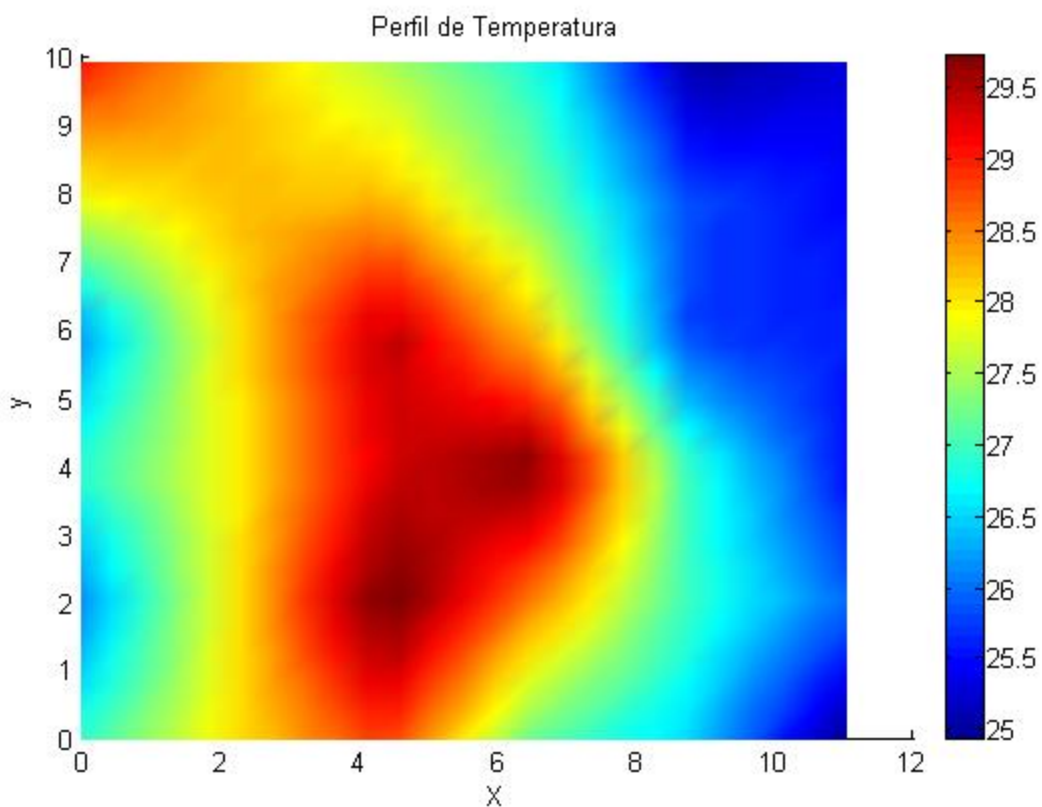


(A)

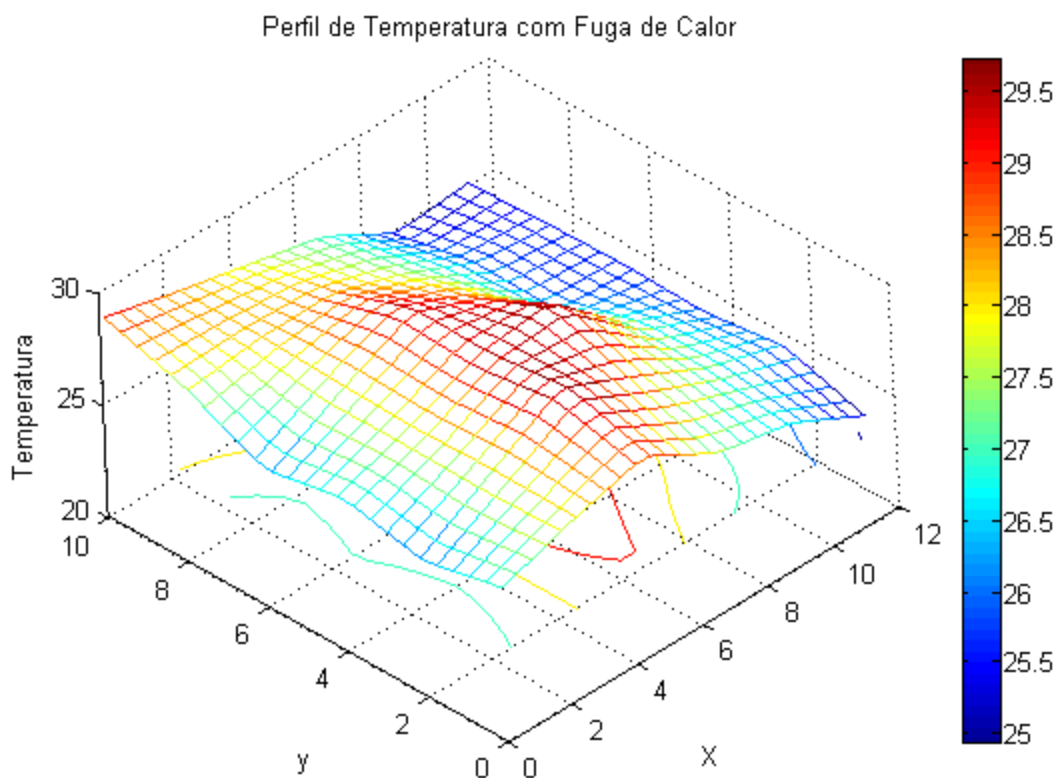


(B)

**Figura 31 – Perfil de Temperatura (A) às 09:30 hrs – Equipamentos Ligados e (B) com Fuga de Calor às 09:30 hrs– Equipamentos Ligados (Setor de Estamparia e Corte).**

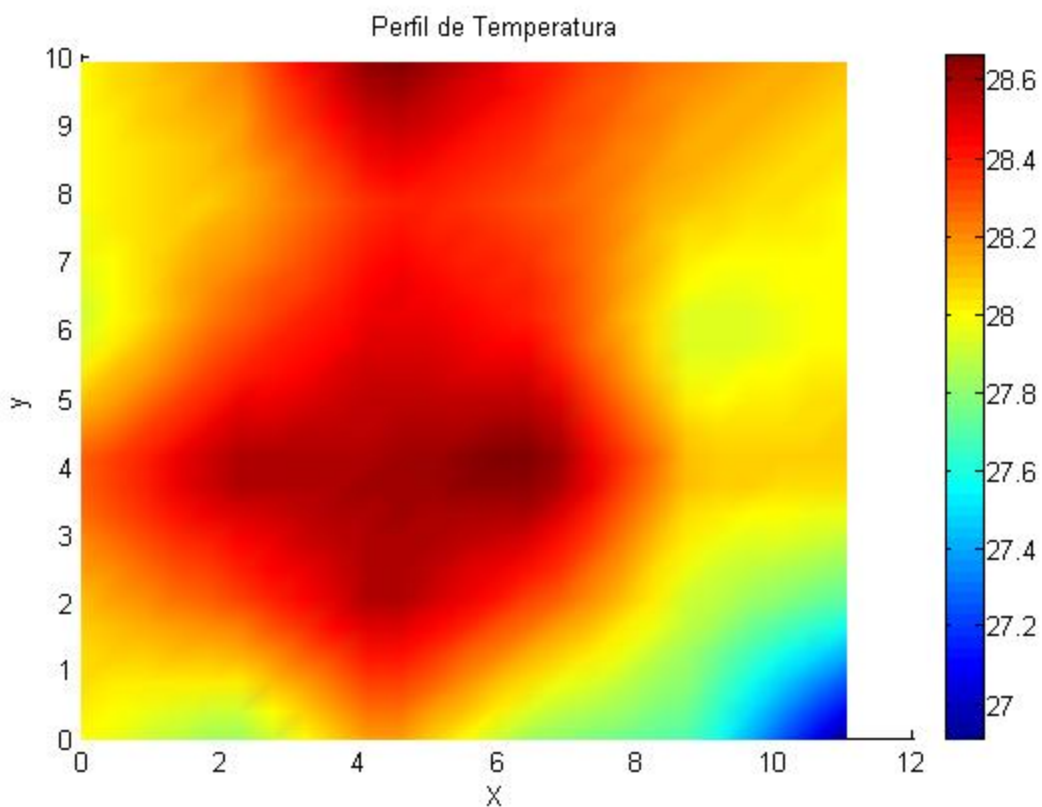


(A)

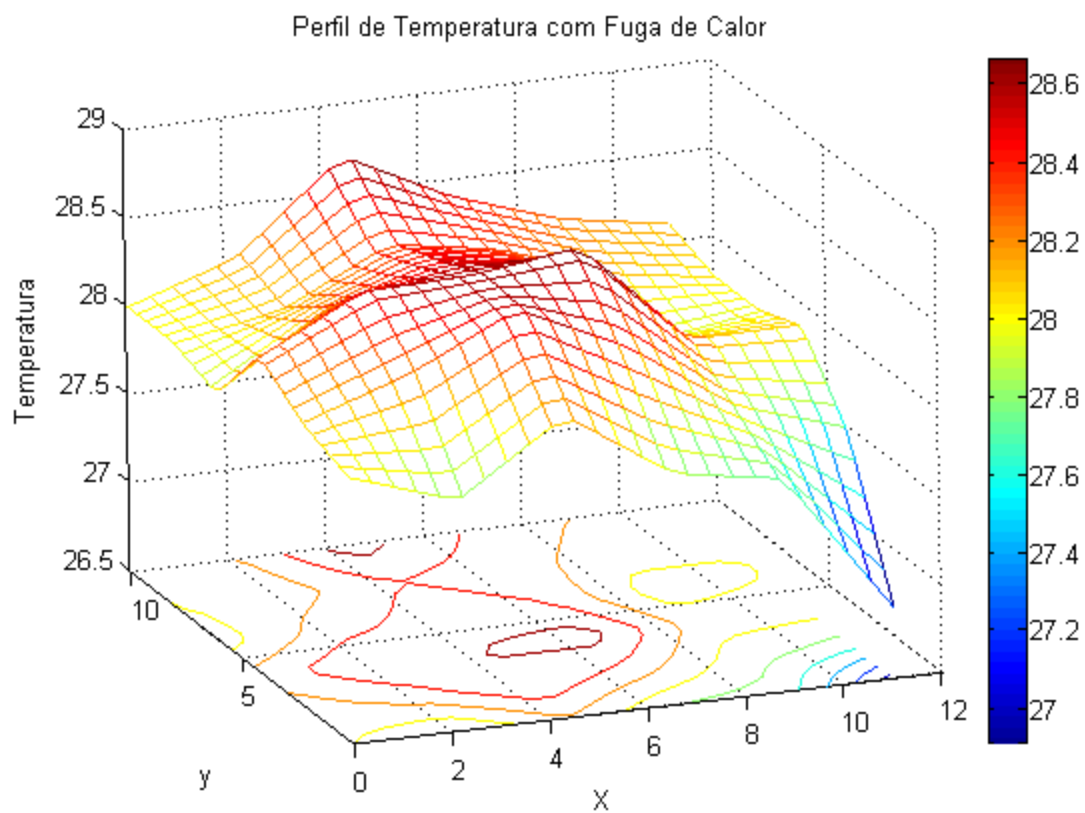


(B)

**Figura 32 – Perfil de Temperatura (A) às 10:30 – Equipamentos Ligados e (B) com Fuga de Calor às 10:30 hrs – Equipamentos Ligados (Setor de Estamparia e Corte).**



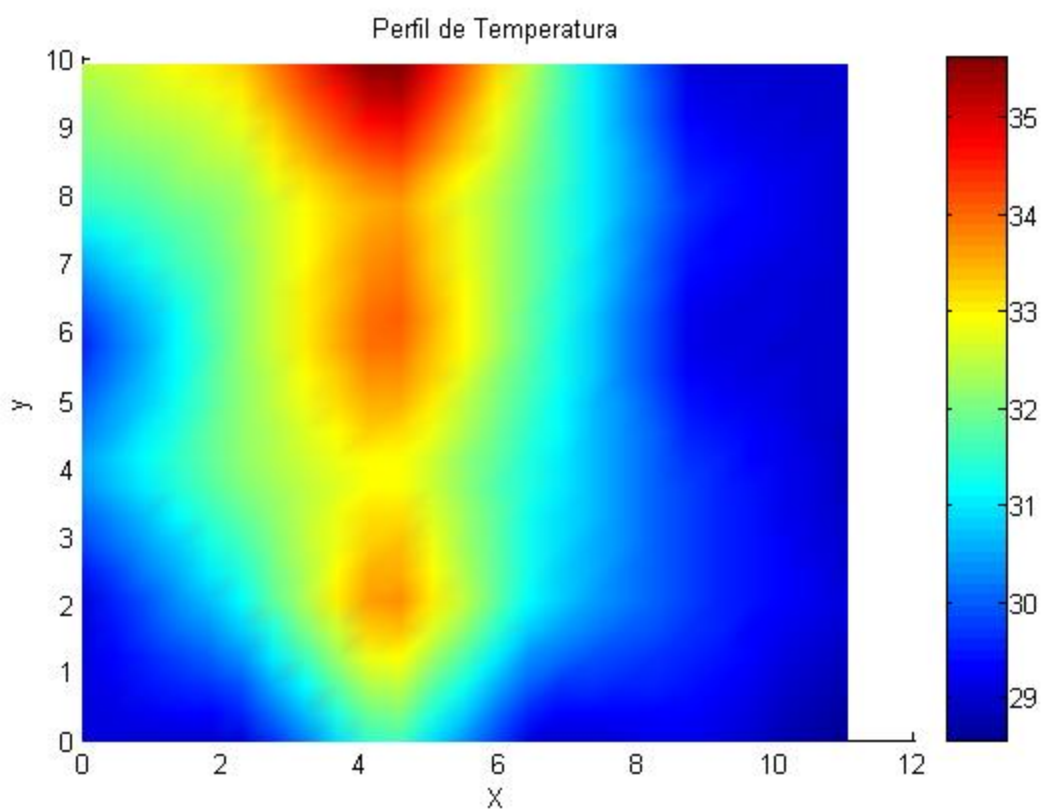
(A)



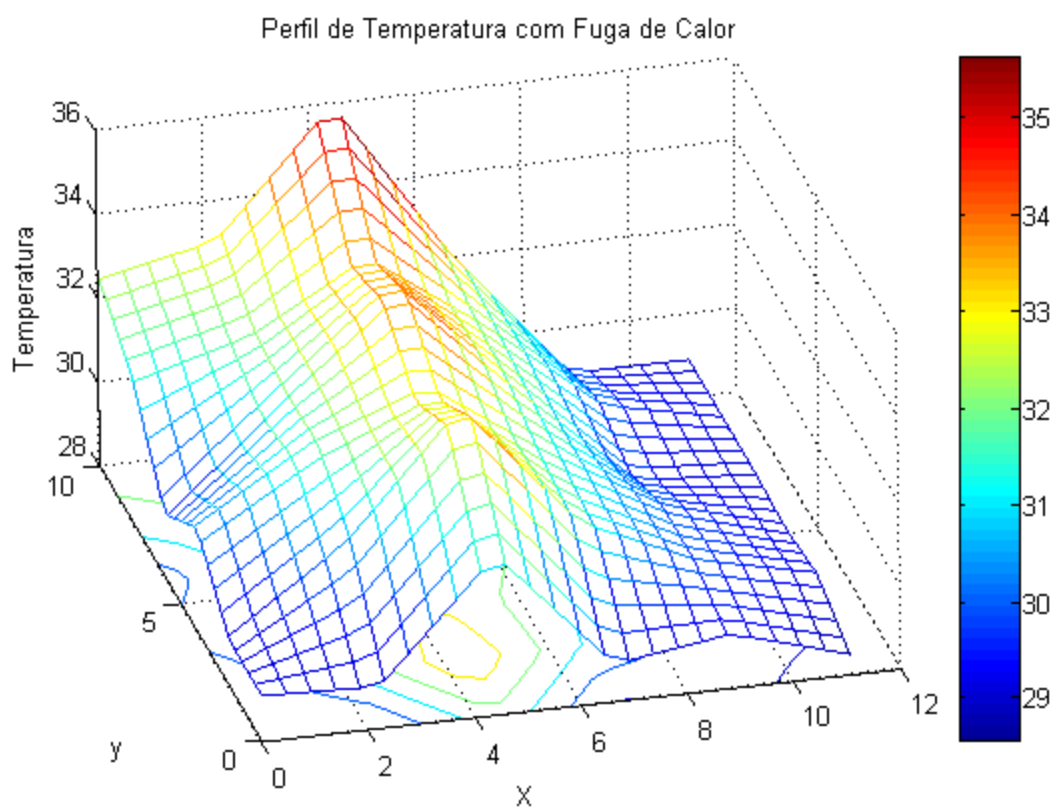
(B)

Figura 33 – Perfil de Temperatura (A) às 13:00 hrs – Equipamentos Desligados e (B) com Fuga de Calor às 13:00 hrs– Equipamentos Desligados (Setor de Estamparia e Corte).





(A)



(B)

Figura 34 – Perfil de Temperatura (A) às 14:30 – Equipamentos Ligados e (B) com Fuga de Calor às 14:30 hrs – Equipamentos Ligados (Setor de Estamparia e Corte).

O software Conforto 2.03, nos fornece uma estimativa do índice de conforto térmico para o setor de estamparia e corte como mostra a Figura 35, no entanto, a forma mais correta para medir o conforto é através de questionamentos com os próprios funcionários do setor, já que esse índice é expresso pela satisfação individual de cada funcionário.

**Avaliação do Conforto Térmico**

Arquivo Editar Simulação Ajuda

Cadastro/Opinião Ir para registro n° Copia Anterior Incluir Excluir

**ENTRADA DE DADOS**

Local avaliado: Estamparia

Ponto avaliado: Estamparia

Temperatura do ar 30.9 °C

Temperatura radiante média Calcular 21.2 °C

Velocidade relativa do ar Estimar 1 m/s

Umidade relativa do ar Calcular 35 %

Taxa de metabolismo Escolher 1.9 met

Isolamento térmico da roupa Escolher 0.49 clo

Avaliação

**RESULTADOS**

VOTO MÉDIO ESTIMADO 1.27

Escala de sensações

- 3 muito frio
- 2 frio
- 1 leve frio
- 0 neutro
- +1 leve calor
- +2 calor
- +3 muito calor

ESTIMATIVA DA INSATISFAÇÃO (%) 38

Verificar draught

Figura 35 – Tela de Resultado do software Conforto 2.03

## 6 CONCLUSÃO

A realização deste trabalho teve como objetivo estudar as diferenças de temperaturas, e avaliar o conforto térmico na estamperia para uma melhor satisfação e qualidade nas condições de trabalho, o qual vai refletir na qualidade do produto final, no rendimento dos funcionários e com possibilidades reais de até mesmo desenvolver doenças, pois o ambiente influi muito na forma como o operador desenvolve suas atividades. Com um ambiente de trabalho termicamente confortável, ergonômico e harmonioso se produz mais e com mais qualidade; além de atender a legislação e normas, torna-se uma estratégia competitiva e até mesmo uma questão de sobrevivência no mercado cada vez mais dominante.

Foram efetuadas algumas mudanças no que diz respeito à alocação de equipamentos para melhorar a iluminação e dessa maneira garantir uma melhor visibilidade.

A partir dos Perfis de Temperatura e Fuga de Calor, pôde-se de maneira clara visualizar quais setores, e em quais pontos desses setores há um nível significativo do aumento da temperatura, e o sentido do calor dissipado. Os resultados mostraram um aumento significativo de temperatura ocasionado pelo funcionamento dos equipamentos e pelo decorrer do dia, no período vespertino a temperatura ambiente é maior.

De acordo com a escala de sensação térmica, o valor do voto médio estimado está entre leve calor e calor; se considerar que o estudo de caso foi realizado na estação de inverno, esse setor não é um ambiente termicamente confortável.

Segundo a literatura, um aumento de 4°C na temperatura ocasiona redução de 15% no rendimento do funcionário, desta forma como a variação foi maior do que 4°C e isto ocorreu no inverno, esta empresa necessita de uma adequação do sistema de ventilação, pois o atual não é nada eficiente e um sistema eficiente ocasionaria uma maior dissipação do calor, de troca térmica, dessa forma renovando o ar ambiente.

Uma das principais dificuldades encontradas foi a resistência do proprietário em querer melhorar o ambiente, por ocasionar custo.

Dessa forma, tudo o que foi proposto e acatado pelo proprietário não gerou custo algum para a empresa. Algumas sugestões não foram aceitas devido ao custo inerente às alterações.

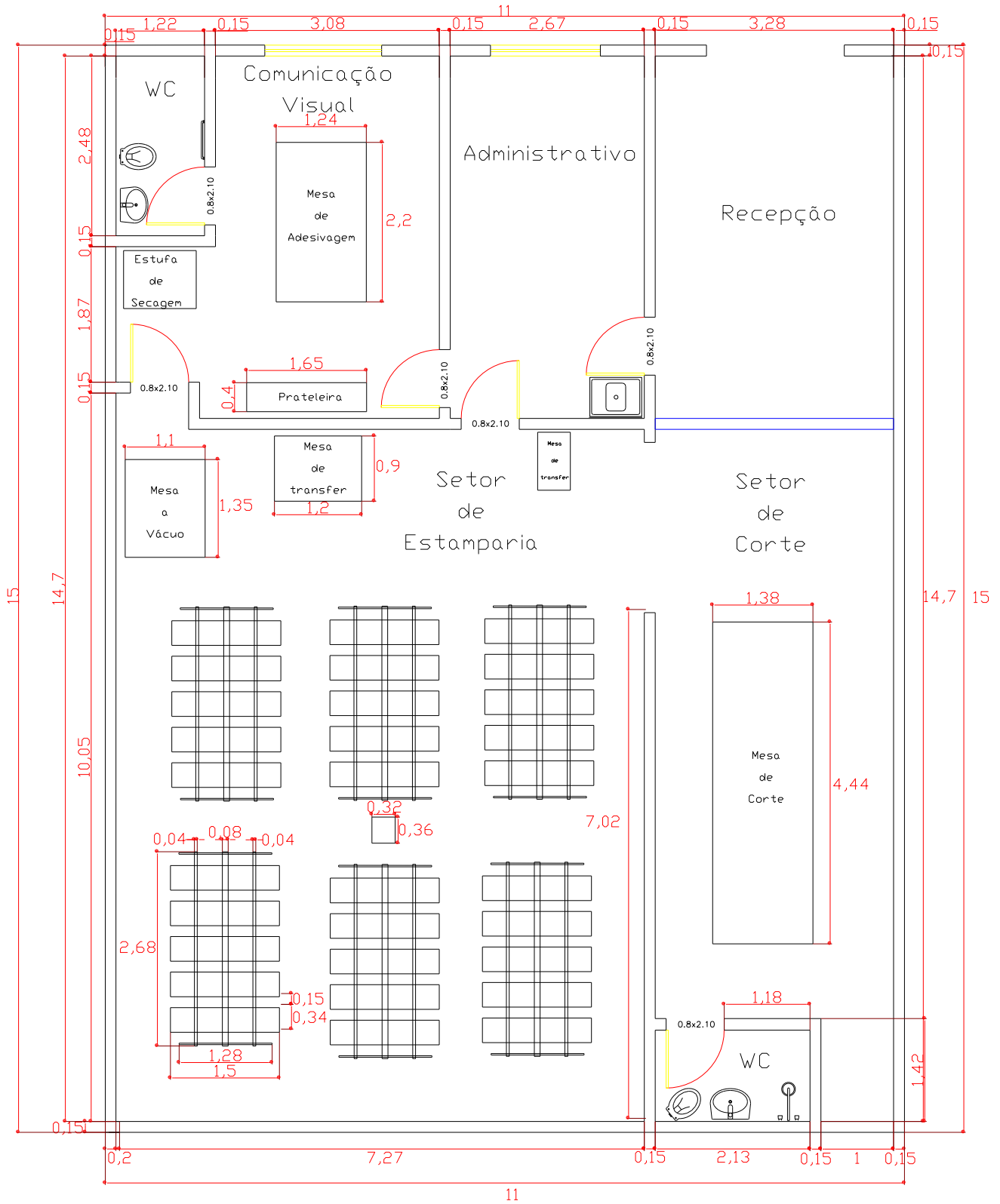
Um ambiente deve estar em constantes mudanças, visando à melhoria do processo e a satisfação das pessoas nele envolvidas.

## REFERÊNCIAS

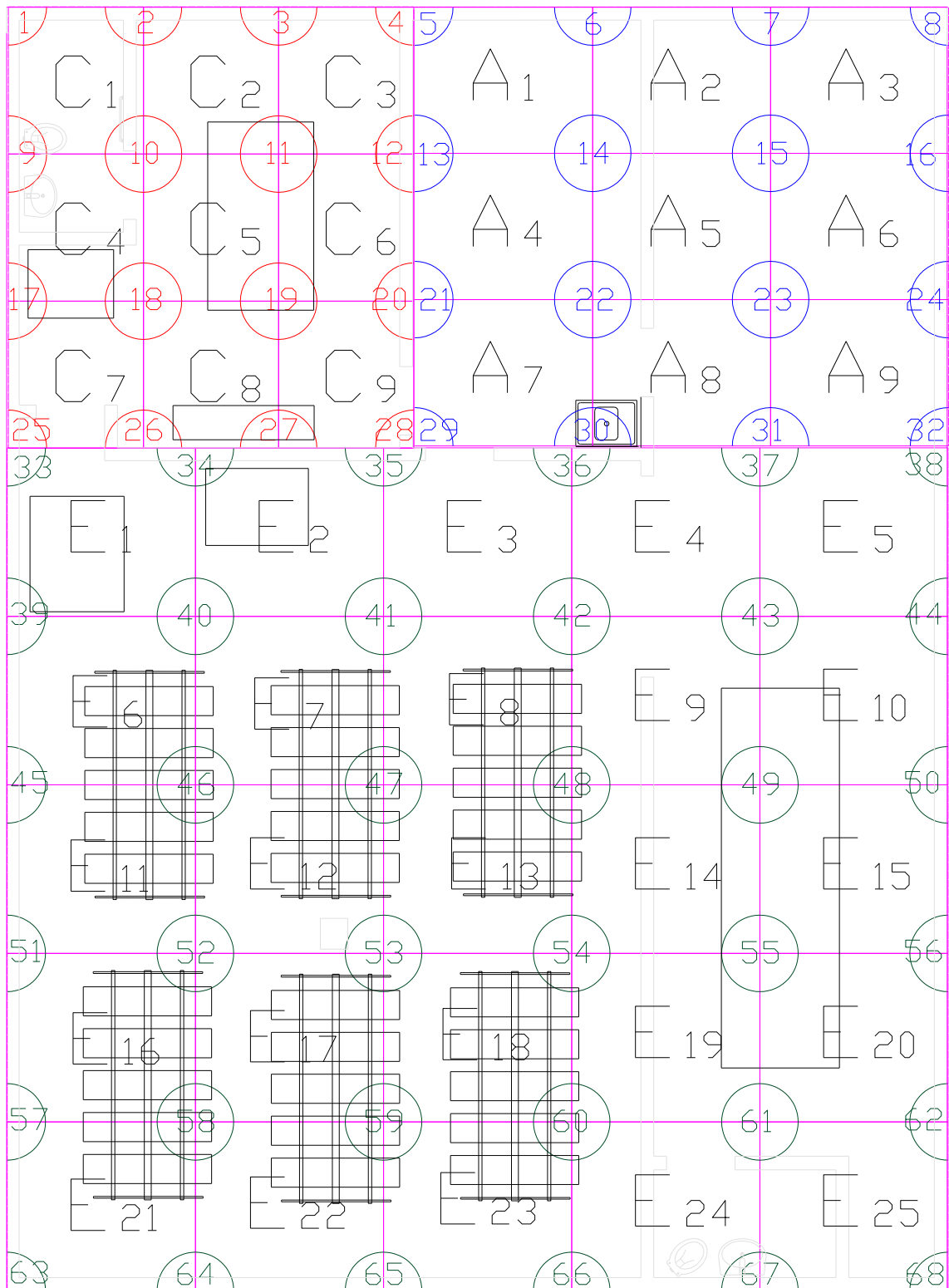
- ABNT. **NR15: Atividades e Operações Insalubres**. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 1978.
- ASHRAE. Handbook of fundamentals. **American Society of Heating, Ventilating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers** – Atlanta, USA 1981.
- ASHRAE. Handbook Fundamentals. **American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers**. New York, USA. 1993;
- ASHRAE; **ColdStore Guide**. Ashrae Standard, USA, 1997.
- ABNT. **NBR 14724: Informação e documentação – Trabalhos acadêmicos – Apresentação**. Rio de Janeiro, 2001.
- CASTRO, C. M. **Estrutura e apresentação de publicações científicas**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1976.
- FANGER, O. **Thermal Comfort – Analysis and Application in Environmental Engineering**. Copenhagen, 1970.
- FROTA, A. B. **Conforto termo-higrométrico, homem e ambiente**. São Paulo: Editora FAUUSP, 1979.
- FROTA, A. B. SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 1. ed. São Paulo: Editora Livraria Nobel SA, 1987.
- FROTA, A. B. SCHIFFER, S. R. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Editora Studio Nobel, 2001. 244 p.
- GAGGE, A. et al. **A standard predictive index of human response to the thermal environment**. ASHRAE Trans, 92, p. 709-731, 1986.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2007. 175 p.
- INCROPERA, F.P.E e WITT, D.P. **Fundamentos de transferência de calor e massa**. Ed. LTC, 1998.
- JABARDO, J. M. S. **Conforto Térmico**. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. São Paulo, 1984. 22p
- OLGYAY, A., OLGYAY, V. **Solar Control and Shading Devices**. Princeton: Princeton University, 1957;
- OLIVEIRA, S. L. de **Tratado de metodologia científica**. São Paulo: Pioneira, 1997.
- RUAS, Á. C. **Conforto Térmico nos Ambientes de Trabalho**. 1. ed. São Paulo: Editora Plural Art, 1999. 97 p.
- SANTOS, N. dos. FIALHO, F. **Manual de análise ergonômica do trabalho**. 2.<sup>a</sup> ed. Curitiba: Gênesis Editora, 1997.
- SCARAZZATO, P. S. **Investigação sobre critérios para determinação e medição dos níveis de conforto térmico**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura)-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1988.
- SZOKOLAY, S V. **Termal Design of Buildings**. Camberra, Australian: Published By Raia Education Division, 1987.
- VERDUSSEN, R. **Ergonomia. A racionalização humanizada do trabalho**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978.
- VILLAS BOAS, M. **Índices de conforto térmico**. In: **Curso de Especialização por Tutorial a Distância: Controle do Ambiente em Arquitetura**. Módulo 10. Brasília. 1983.
- WADA, C.C.B.B. **Saúde: Determinante Básico do Desempenho**. Revista Alimentação e Nutrição, n. 56, 1990.

## APÊNDICES

### APÊNDICE I – Planta baixa da empresa



## APÊNDICE II – Planta baixa da empresa dividida em pontos nodais para o estudo



Legenda:

- Pontos Nodais Com. Visual
- Pontos Nodais Adm. e Recepção
- Pontos Nodais Estamparia e Corte

### APÊNDICE III – Quadro de temperaturas coletadas e calculadas

	Pontos	Temperaturas (°C)				
		08:00 hrs	09:30 hrs	10:30 hrs	13:00 hrs	14:30 hrs
Comunicação Visual	1*	23,0	23,0	23,5	25,0	26,0
	2	23,8	23,7	24,7	26,5	27,6
	3*	23,2	24,0	25,3	27,2	28,5
	4	23,6	24,1	25,5	27,6	28,6
	9	24,6	24,6	26,8	26,6	29,6
	10*	24,7	24,0	25,1	27,0	28,0
	11	24,2	24,4	25,4	27,3	29,2
	12*	24,0	24,2	25,8	28,1	28,8
	17*	26,0	27,5	34,0	27,3	37,0
	18	25,3	25,9	28,1	27,1	32,6
	19*	25,0	25,5	25,5	26,9	31,6
	20	24,7	25,1	25,6	27,0	30,6
	25	25,6	27,0	30,3	27,4	34,8
	26*	25,2	26,5	27,2	27,4	33,0
	27	24,9	25,6	26,0	26,8	31,6
28*	24,5	25,0	25,5	26,2	30,2	
Administração e Recepção	5*	23,0	24,4	24,0	27,2	29,1
	6	22,9	24,7	23,5	26,9	29,5
	7*	22,5	25,0	22,9	26,0	30,1
	8	22,3	24,3	22,6	26,5	30,0
	13*	23,2	25,0	24,5	26,5	29,0
	14	23,0	24,6	23,5	27,0	29,4
	15*	22,5	24,0	22,0	27,2	30,0
	16	22,3	23,9	22,4	26,9	30,0
	21	23,1	24,6	24,4	26,8	29,1
	22*	23,2	24,8	23,8	27,5	29,2
	23	22,5	23,7	22,9	27,2	29,6
	24*	22,0	23,2	22,8	26,8	29,9
	29*	23,0	24,0	25,0	26,0	29,0
	30	23,0	24,3	23,9	27,1	29,2
31*	22,2	23,0	23,2	27,1	29,2	
32	22,1	23,1	23,0	26,9	29,6	
Estamparia e Corte	33*	24,0	27,0	29,0	28,0	32,5
	34	24,6	27,1	28,2	28,2	33,1
	35*	25,0	26,0	27,5	28,7	36,0
	36	25,0	26,2	26,8	28,4	32,1
	37*	24,8	25,0	25,0	28,2	29,0
	38	24,5	24,8	25,3	28,1	29,1
	39	24,3	26,9	27,9	28,0	31,5
	40*	24,6	27,5	28,2	28,1	32,2
	41	25,2	27,3	28,2	28,4	33,7
	42	25,0	26,7	27,2	28,3	31,8
	43	24,7	25,3	25,8	28,1	29,6
	44*	24,3	24,7	25,5	28,0	29,0
	45*	24,0	26,0	26,2	27,9	29,5
46	25,0	27,3	28,0	28,3	32,0	

\* Pontos coletados

**APÊNDICE III** – Quadro de temperaturas coletadas e calculadas (continuação)

Pontos	Temperaturas (°C)				
	08:00 hrs	09:30 hrs	10:30 hrs	13:00 hrs	14:30 hrs
<b>48</b>	25,2	27,9	28,1	28,4	31,6
<b>49*</b>	24,8	24,8	25,7	27,9	29,1
<b>50</b>	24,7	24,8	25,6	28,0	29,0
<b>51</b>	24,8	26,3	26,9	28,3	30,5
<b>52*</b>	25,5	26,7	27,9	28,6	32,1
<b>53</b>	25,4	29,2	29,3	28,6	33,0
<b>54*</b>	24,9	30,8	29,8	28,7	31,2
<b>55</b>	24,8	26,7	26,9	28,1	29,7
<b>56*</b>	25,0	25,0	25,5	28,1	28,9
<b>57*</b>	24,3	25,9	26,1	28,1	29,1
<b>58</b>	25,0	27,4	28,0	28,3	31,0
<b>59*</b>	25,1	30,1	29,9	28,6	34,0
<b>60</b>	24,8	28,2	28,4	28,3	30,9
<b>61</b>	24,7	26,5	26,9	27,9	29,7
<b>62</b>	24,6	25,6	26,0	27,7	29,1
<b>63</b>	24,6	26,4	26,9	28,0	29,1
<b>64*</b>	25,0	27,0	28,0	27,8	29,0
<b>65</b>	25,0	28,3	28,9	28,2	31,8
<b>66*</b>	24,7	25,3	27,1	27,8	28,9
<b>67</b>	24,5	25,8	26,5	27,7	29,3
<b>68*</b>	24,0	24,6	24,9	26,9	28,5

\* Pontos coletados



**Universidade Estadual de Maringá  
Departamento de Informática  
Curso de Engenharia de Produção  
Av. Colombo 5790, Maringá-PR  
CEP 87020-900  
Tel: (044) 3261-4196 / Fax: (044) 3261-5874**