

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO AMBIENTE E  
RECURSOS HÍDRICOS**

**LEANDRO VARGAS BRANDÃO**

**USO DE GEOPROCESSAMENTO E DO ÍNDICE DE ESTRESSE  
TÉRMICO (IET) PARA MAPEAR A EXPOSIÇÃO AO CALOR EM  
CORTADORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, NO ESTADO DE SÃO PAULO.**

**ITAJUBÁ (MG)**

**2012**

**LEANDRO VARGAS BRANDÃO**

**USO DE GEOPROCESSAMENTO E DO ÍNDICE DE ESTRESSE  
TÉRMICO (IET) PARA MAPEAR A EXPOSIÇÃO AO CALOR EM  
CORTADORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, NO ESTADO DE SÃO PAULO.**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Ciências em Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

**Área de Concentração:** Meio Ambiente e Recursos Hídricos

**Orientador:** Prof. Dr. Luiz Felipe Silva

**Co-orientador:** Prof. Dr. Arcilan Trevenzoli Assireu

**ITAJUBÁ (MG)**

**2012**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –  
Bibliotecária Cristiane N. C. Carpinteiro- CRB\_6/1702

B819u

Brandão, Leandro Vargas

Uso de geoprocessamento e do índice de estresse térmico (IET) para mapear a exposição ao calor em cortadores de cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo. / por Leandro Vargas Brandão. -- Itajubá (MG) : [s.n.], 2012.

81 p.: il.

Orientador : Prof. Dr. Luiz Felipe Silva.

Coorientador : Prof. Dr. Arcilan Trevenzoli Assireu.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Saúde ocupacional. 2. Cultura canavieira. 3. Mudança climática. 4. Estresse térmico. 5. SIG. I. Silva, Luiz Felipe, orient. II. Assireu, Arcilan Trevenzoli, coorient. III. Universidade Federal de Itajubá. IV. Título.

**Banca examinadora:**

Prof. Dr. Luciano José Minette  
Universidade Federal de Viçosa (Membro externo)

Prof. Dr. Francisco Antonio Dupas  
Universidade Federal de Itajubá (Membro interno)

Prof. Dr. Arcilan Trevenzoli Assireu  
Universidade Federal de Itajubá (Co-orientador)

Prof. Dr. Luiz Felipe Silva  
Universidade Federal de Itajubá (Orientador)

“De uma coisa sabemos. A terra não pertence ao homem: é o homem que pertence à terra, disso temos certeza. Todas as coisas estão interligadas, como o sangue que une uma família. Tudo está relacionado entre si. Tudo quanto agride a terra, agride os filhos da terra. Não foi o homem quem teceu a trama da vida: ele é meramente um fio da mesma. Tudo o que ele fizer à trama, a si próprio fará.”

Chief Seattle

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. Luiz Felipe Silva, pela orientação, dedicação, confiança e companheirismo.

Ao meu co-orientador, Prof. Dr. Arcilan Trevenzoli Assireu, por me fornecer suporte fundamental durante todas as fases do desenvolvimento da dissertação.

Ao meu pai, José Roberto Brandão, pela enorme dedicação em prol da minha educação e do meu caráter.

À minha mãe, Luciana de Oliveira Vargas Brandão, simplesmente por estar presente em todos os momentos.

À minha namorada, Carla Cristina de Oliveira, por estar sempre ao meu lado e pela ajuda essencial para a conclusão desta dissertação.

À Nossa Senhora de Fátima, por fortalecer minha mãe, meu pai e meus irmãos nos períodos de turbulência vividos.

Ao meu amigo, Guilherme Henrique Ueda Yanase, pelo amizade e suporte técnico do trabalho.

A todos meus amigos que de alguma forma, contribuíram para esse momento.

À Capes, pelo apoio financeiro.

Ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), pelo envio das informações vitais para a realização do presente trabalho.

A Deus, por tudo!

## RESUMO

BRANDÃO, L. V. **Uso de geoprocessamento e do Índice de Estresse Térmico (IET) para mapear a exposição ao calor em cortadores de cana-de-açúcar, no Estado de São Paulo.** 2012. 75f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Instituto de Recursos Naturais, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar no cenário mundial. O Estado de São Paulo se destaca, liderando a produção nacional. Esta enorme produção é obtida através do esforço dos trabalhadores rurais, os quais trabalham nas mais diversas condições ambientais. Neste contexto, o presente trabalho objetivou mapear o estresse térmico, por exposição ao calor, através do “Índice de Estresse Térmico (IET)”, considerando o cenário térmico atual e um possível cenário futuro de aquecimento global da ordem de 3°C no final do século 21, previsto pelo IPCC. Esse índice apresenta alta correlação ( $r > 0,990$ ) com o “Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG)”, o qual é a ferramenta de avaliação quantitativa de estresse térmico mais utilizada no mundo e, inclusive, é a metodologia utilizada pela legislação brasileira (NR-15) para diagnosticar a salubridade dos ambientes laborais, com relação ao estresse térmico. Dessa forma, fez-se uma adaptação entre os limites legais estabelecidos pela NR-15 com os valores encontrados para o IET. Para o cálculo do IET obtiveram-se, junto ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), valores horários de umidade relativa (UR), temperatura ambiente (TA) e radiação solar (RS). Para o mapeamento da distribuição espacial do IET, os dados passaram por uma seleção inicial e então foram inseridos em um modelo matemático e de geoprocessamento, resultando em 24 mapas de estresse térmico: 12 mapas para cada mês do ano de 2010 e 12 mapas para cada mês, considerando o cenário futuro de aquecimento global. Os resultados indicaram que as regiões do Estado de São Paulo que apresentaram maior criticidade com relação ao estresse térmico foram as regiões Norte e Noroeste, o que coincide com as áreas de maior adensamento da cultura canavieira no Estado. Através da avaliação dos IET's, observou-se que muitas regiões do Estado apresentam condições térmicas sob as quais não seria recomendada a prática de qualquer atividade laboral. Conclui-se que os cortadores de cana estão sendo expostos à condições insalubre de trabalho e

que, é necessária a adoção de medidas remediadoras, tanto pelo setor público quanto pelo setor privado, visando garantir a manutenção da saúde desses trabalhadores.

**Palavras-chave:** saúde ocupacional; cultura canavieira; mudança climática; estresse térmico; SIG.



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>13</b>
<b>2.</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b> .....	<b>15</b>
<b>3.</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>17</b>
3.1.	OBJETIVO GERAL .....	17
3.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
<b>4.</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>18</b>
4.1.	EXPOSIÇÃO AO CALOR E OS PRINCIPAIS AGRAVOS À SAÚDE.....	18
4.2.	EXPOSIÇÃO AO CALOR EM ATIVIDADES RURAIS .....	20
4.3.	A IMPORTÂNCIA DA CULTURA CANAVIEIRA NO BRASIL .....	23
4.4.	A IMPORTÂNCIA DA CULTURA CANAVIEIRA DO BRASIL NO CENÁRIO MUNDIAL.....	24
4.5.	EXPOSIÇÃO AO CALOR NA CULTURA CANAVIEIRA .....	25
4.6.	A IMPORTÂNCIA DA CULTURA CANAVIEIRA NO ESTADO DE SP ....	30
4.7.	MECANIZAÇÃO NA CULTURA CANAVIEIRA .....	32
4.8.	MUDANÇAS CLIMÁTICAS.....	34
4.9.	QUANTIFICAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO CALOR E CONDIÇÃO INSALUBRE.....	39
4.10.	SAÚDE PÚBLICA E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) 45	
4.11.	MAPEAMENTO DA EXPOSIÇÃO AO CALOR .....	46
4.12.	KRIGAGEM.....	47
<b>5.</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>49</b>
5.1.	QUANTIFICAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO CALOR .....	49
5.2.	COLETA DE DADOS METEOROLÓGICOS .....	50
5.3.	CÁLCULO DO ÍNDICE DE ESTRESSE TÉRMICO E MAPEAMENTO... 50	
5.4.	POTENCIALIZANDO OS RISCOS .....	52
<b>6.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>54</b>
6.1.	MAPAS DE ESTRESSE TÉRMICO.....	54
<b>6.1.1</b>	<b>Janeiro</b> .....	<b>54</b>
<b>6.1.2</b>	<b>Fevereiro</b> .....	<b>55</b>
<b>6.1.3</b>	<b>Março</b> .....	<b>57</b>

6.1.4	<b>Abril (período de colheita)</b> .....	<b>58</b>
6.1.5	<b>Maio (período de colheita)</b> .....	<b>59</b>
6.1.6	<b>Junho (período de colheita)</b> .....	<b>60</b>
6.1.7	<b>Julho (período de colheita)</b> .....	<b>61</b>
6.1.8	<b>Agosto (período de colheita)</b> .....	<b>62</b>
6.1.9	<b>Setembro (período de colheita)</b> .....	<b>63</b>
6.1.10	<b>Outubro (Período de Colheita)</b> .....	<b>64</b>
6.1.11	<b>Novembro</b> .....	<b>65</b>
6.1.12	<b>Dezembro</b> .....	<b>66</b>
6.2.	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>66</b>
7.	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>70</b>
8.	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>72</b>
9.	<b>ANEXO</b> .....	<b>79</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Evolução da produção vegetal de cana-de-açúcar no Brasil. ....	23
<b>Figura 2:</b> Valor das exportações de açúcar no ano de 2008. ....	24
<b>Figura 3:</b> Áreas canavieiras no estado de São Paulo na safra 2008/2009. ....	30
<b>Figura 4:</b> Cana-de-açúcar processada pelos seis maiores Estados produtores (safra de 2011). ....	31
<b>Figura 5:</b> Evolução da área total disponível para colheita no Estado de São Paulo. ....	31
<b>Figura 6:</b> Correlação existente entre os índices IET e IBUTG. ....	44
<b>Figura 7:</b> Localização das PCD's. ....	50
<b>Figura 8:</b> Resumo da metodologia aplicada para confecção dos mapas finais de exposição ao calor. ....	52
<b>Figura 9:</b> Mapas de Estresse Térmico (jan/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC). ....	54
<b>Figura 10:</b> Mapas de Estresse Térmico (fev/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC). ....	55
<b>Figura 11:</b> Mapas de Estresse Térmico (mar/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC). ....	57
<b>Figura 12:</b> Mapas de Estresse Térmico (abr/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC). ....	58
<b>Figura 13:</b> Mapas de Estresse Térmico (mai/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC). ....	59
<b>Figura 14:</b> Mapas de Estresse Térmico (jun/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC). ....	60
<b>Figura 15:</b> Mapas de Estresse Térmico (jul/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC). ....	61
<b>Figura 16:</b> Mapas de Estresse Térmico (ago/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC). ....	62

<b>Figura 17:</b> Mapas de Estresse Térmico (set/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).....	63
<b>Figura 18:</b> Mapas de Estresse Térmico (out/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).....	64
<b>Figura 19:</b> Mapas de Estresse Térmico (nov/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).....	65
<b>Figura 20:</b> Mapas de Estresse Térmico (dez/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).....	66

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Prazos para a eliminação das queimadas no Estado de São Paulo.....	34
<b>Tabela 2:</b> Taxa de metabolismo por tipo de atividade.....	42
<b>Tabela 3:</b> Limites de tolerância para exposição ao calor (°C), com regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho de prestação de serviço. ...	43
<b>Tabela 4:</b> Limites de tolerância para exposição ao calor (unidades de IET), com regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho de prestação de serviço. ....	49

## 1. INTRODUÇÃO

O trabalho rural expõe os trabalhadores a diversos riscos, sejam eles físicos (ruídos, vibrações, calor, radiações, umidade e frio), químicos (poeiras, agrotóxicos, etc.), biológicos (microrganismos, parasitas, animais peçonhentos, etc.), mecânicos (máquinas e equipamentos sem proteção, ferramentas inadequadas ou defeituosas, armazenamento inadequado, etc.) e/ou ergonômicos (posturas inadequadas, controle rígido da produtividade, estresse, levantamento de cargas, exercício repetitivo, ritmos excessivos, etc.).

Dentre os riscos citados, é de foco central do presente trabalho a exposição ao calor em trabalhadores rurais. Sabe-se que o calor excessivo é responsável por inúmeras mortes, basta observar o alto número de óbitos gerados pelas ondas de calor (PAIXÃO e NOGUEIRA, 2003). Além disso, a exposição ao calor pode causar agravos à saúde como redução da fertilidade masculina, derrame, exaustão, síncope, câimbras e erupções cutâneas (BONDE, 1992; THONNEAU et al., 1998; NIOSH, 2011).

O trabalho realizado em zonas rurais é considerado crítico, pois, além de ser uma atividade diurna e realizada em ambientes externos (expondo os trabalhadores a riscos, tais como: radiação solar, umidade e vento), possui uma carga horária elevada e um grande volume de trabalho, facilitando o desenvolvimento dos agravos decorrentes da exposição excessiva ao calor (SCHENKER et al., 2002). Uma situação de sobrecarga térmica no ambiente laboral pode, por exemplo, acarretar na queda da produtividade do trabalhador (CORTEZ, 2009) e na conseqüente redução do lucro do empreendimento.

A cultura da cana-de-açúcar no Brasil eleva o país à posição de maior produtor mundial. O produto é utilizado durante a produção do açúcar e do álcool. O Estado de São Paulo tem forte participação na produção nacional, de acordo com a União da Indústria de Cana-de-Açúcar, durante o período entre 1990 e 2009, as usinas paulistas foram as principais processadoras de cana do país (UNICA, 2008).

A situação dos trabalhadores da cultura canavieira é alarmante, uma vez que a exposição ao calor é considerada rotineira e, frequentemente, a prática da

queimada da cana é utilizada, elevando ainda mais as temperaturas (ALESSI e NAVARRO, 1997). Os agravos à saúde decorrentes dessa exposição ao calor ainda são intensificados pela alta demanda de esforço físico das atividades realizadas e pela pressão por produtividade, tendo em vista que os cortadores de cana são pagos por produção. Existem muitos relatos de mortes súbitas ocorridas em canaviais brasileiros (ALVES, 2006).

A grande preocupação a cerca da saúde dos trabalhadores rurais e a exposição ao calor, vem recebendo mais ênfase com as informações referentes às mudanças climáticas. Segundo o quarto relatório de avaliação (AR4), confeccionado pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), a projeção do aquecimento médio global da superfície terrestre para o final do século 21 (2090 – 2099), está entre 1,8°C a 4,0°C, variando de acordo com o cenário projetado (IPCC, 2007).

Esse novo cenário de aquecimento global poderá interferir na saúde dos trabalhadores, principalmente aqueles que realizam atividades em ambientes externos. Um modo de se projetar essa interferência é através do mapeamento do índice IET (Índice de Estresse Térmico). Tal ferramenta é de simples determinação e envolve três diferentes parâmetros, a saber: temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR) e radiação solar (RS). É importante observar que o IET apresenta alta correlação com o índice mais utilizado no mundo atualmente, o IBUTG (Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo), porém, possui a vantagem de envolver variáveis facilmente encontradas em estações coletoras de dados meteorológicos (MORAN et al., 2001).

Neste contexto, este trabalho visa conduzir uma pesquisa utilizando dados meteorológicos do Estado de São Paulo, com o intuito de utilizar modelo matemático para predizer e mapear a carga térmica (IET) de trabalhadores em áreas externas, especialmente os cortadores de cana do Estado de São Paulo.

## 2. JUSTIFICATIVA

Na cultura canavieira, os trabalhadores se deparam constantemente com altas temperaturas. A prática da queimada da cana aquece o solo e, algumas vezes, esse calor é conservado até o início das atividades dos cortadores. Com o decorrer do dia, o calor é intensificado ainda mais pela ação solar (ALESSI e NAVARRO, 1997) visto que, em função das queimadas, o albedo é reduzido (PEREIRA et al., 2009). De acordo com Silva et. al (2005), albedo é a razão entre os fluxos de radiação solar refletido e o incidente, sendo um importante parâmetro no estudo de mudanças climáticas, desertificação, queimadas e impactos ambientais. A queima da cana causa uma expressiva mudança nas características físico-químicas e biológicas dos elementos da superfície alterando, dessa forma, a reflectância espectral e por consequência o albedo. Os valores mais baixos de albedo encontrados após as queimadas estão relacionados à maior absorção eletromagnética pelas cinzas e fuligem. De maneira inversa, as culturas que não sofrem o processo de queimada apresentam maiores valores de reflectância, decorrentes da resposta espectral do solo e da palhada, o que faz com que o albedo apresente uma variação positiva (Moraes et. al, 2009).

Vale ressaltar que o trabalho na cultura canavieira é extremamente desgastante e, como a maioria desses trabalhadores recebe por produção, o esforço é ainda maior. A associação desses fatores tem sido apontada como a principal causa de morte dentre os trabalhadores da cultura canavieira (ALVES, 2006).

Dentro do contexto da cultura da cana, deve-se destacar a participação do Estado de São Paulo. A região é tão fundamental no panorama agrícola nacional que, durante a safra de 2008/2009, aproximadamente 60% de toda a cana processada no Brasil, tiveram origem no Estado de São Paulo (UNICA, 2008).

A exposição ao calor nesses trabalhadores rurais possivelmente será mais agravada, tendo em vista as questões acerca das mudanças climáticas e suas consequências. O último relatório emitido pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas), também conhecido como AR4, deixa claro que a elevação da temperatura da superfície terrestre está de fato ocorrendo, tal fato é evidenciado pela análise das temperaturas médias globais do ar e dos oceanos, pelo



derretimento das calotas polares e pelo aumento do nível médio dos oceanos (IPCC, 2007).

O estudo fez uma projeção do aquecimento médio global da superfície terrestre para o final do século 21 (2090 – 2099), o valor estimado está entre 1,8°C a 4,0°C, variando de acordo com o cenário projetado. Sendo assim, é necessário que se determine metodologias de quantificação e monitoramento dessa exposição ao calor, para os mais diversos ambientes, especialmente aqueles em que os trabalhadores ficam expostos às condições ambientais, como nas atividades rurais.

Um dos meios de se determinar a exposição ao calor é através do índice de exposição ao calor IET. O mapeamento dessa exposição ao calor pode ser utilizado como ferramenta de gestão e prognóstico. Sua utilização pode auxiliar tomadas de decisão, tanto pelo setor privado como pelo setor público, como por exemplo, a correta aplicação de recursos financeiros visando reduzir os riscos à saúde do trabalhador. No Brasil, o clima tropical e as mudanças climáticas trazem perspectivas de estresse térmico, principalmente em atividades laborais realizadas a céu aberto. Dessa forma, fica evidente a importância da quantificação da exposição ao calor, juntamente com as projeções das condições futuras, no provável caso de elevação da temperatura média da superfície terrestre.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. OBJETIVO GERAL

Este estudo teve como objetivo mapear o estresse térmico, por exposição ao calor, através do IET, considerando o cenário atual e um possível cenário futuro, previsto pelo IPCC.

#### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar o mapeamento da exposição ao calor no Estado de São Paulo, para os 12 meses do ano de 2010 e um segundo cenário prevendo uma provável condição de aquecimento global, projetando um aquecimento médio da superfície terrestre de 3°C, para todos os meses avaliados;
- Identificar os resultados observados dentro do período de colheita de cana de açúcar (abril até outubro);
- Segmentar os valores do índice IET encontrados, em três níveis de risco distintos (risco baixo, risco moderado a alto e risco extremo);
- Criar uma tabela comparativa para o IET, através da qual se determine um limite de tolerância para a exposição ao calor, de acordo com o valor do IET;
- Comparar os valores apresentados nos mapas de IET com as diretrizes estabelecidas pela tabela criada (limites de tolerância para exposição ao calor).

## 4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 4.1. EXPOSIÇÃO AO CALOR E OS PRINCIPAIS AGRAVOS À SAÚDE

Segundo Keim et al. (2002) a temperatura interna normal de um corpo humano varia de 36 a 38°C. Quando algum indivíduo apresenta estresse térmico, seja quente ou frio, sofre alterações fisiológicas de termorregulação para se adaptar à nova condição. De acordo com as leis da termodinâmica, o calor é transferido a partir de uma temperatura mais elevada para uma temperatura mais baixa, sendo assim, o corpo humano irá perder calor quando a temperatura ambiente estiver mais baixa e irá ganhar calor quando a temperatura ambiente estiver mais alta. Os mecanismos de transferência de calor ocorrem através de quatro mecanismos distintos:

- **Condução:** é a transferência de energia entre superfícies através do contato direto;
- **Convecção:** é a transferência de energia térmica entre uma superfície e um gás ou líquido;
- **Radiação:** é o movimento de calor que ocorre entre um corpo e o ambiente que este se encontra, através de ondas eletromagnéticas;
- **Evaporação:** é o mecanismo de perda de calor mais importante do corpo humano. A sudorese gerada pelo corpo é evaporada e com isso o corpo perde calor para o meio. Quanto menor a umidade relativa do ar, maior será a taxa de evaporação, em situações em que a umidade relativa se aproxima de 100%, a evaporação do suor se torna mínima. O risco de hipertermia aumenta conforme o acréscimo de temperatura e da umidade relativa do ar.

O nível de estresse térmico é medido em função de variáveis ambientais, tais como, temperatura, umidade, vento e energia radiante. Estes fatores influenciarão diretamente na sensação e reação corporal a situação térmica presente. Atividades que demandam grande dispêndio metabólico, como o próprio trabalho rural, muitas vezes, devem acontecer mesmo em condições térmicas adversas, expondo a saúde do trabalhador a diversos riscos.

O calor excessivo é responsável por inúmeras mortes, principalmente nas populações de maior risco, como idosos e crianças. Uma das instituições mais respeitadas no mundo, no setor de saúde e segurança ocupacional, o instituto NIOSH (2011) (National Institute for Occupational Safety and Health – Instituto Nacional de Segurança e Saúde Ocupacional), apresenta alguns dos principais agravos relacionados à exposição ao calor, são eles:

- **Insolação/Derrame:** é o transtorno mais grave relacionado ao calor. Ocorre quando o corpo se torna incapaz de controlar sua própria temperatura. A temperatura corporal aumenta rapidamente, os mecanismos de transpiração falham e o corpo não consegue resfriar a temperatura. Nesses casos, a temperatura corporal pode atingir 41°C, num período de 10 a 15 minutos. O derrame pode causar a morte ou invalidez permanente, se o atendimento de emergência não for realizado;
- **Exaustão:** é a resposta do organismo a uma perda excessiva de água e sal, geralmente está relacionada à transpiração em excesso;
- **Síncope:** é caracterizada por desmaio ou tontura, ocorrendo geralmente em situações em que a pessoa fica em pé por longo período de tempo ou quando a pessoa levanta subitamente de uma posição sentada ou deitada. Os fatores que podem contribuir para a síncope incluem desidratação e falta de aclimatação;
- **Câimbras:** afetam principalmente as pessoas que suam em demasia durante atividades exaustivas. Isso faz com que os níveis de sal e umidade do corpo decaiam, acarretando na ocorrência de câimbras.
- **Erupção cutânea:** é uma irritação da pele causada pela transpiração excessiva, relacionada com tempo quente e úmido.

Na literatura, diversos autores discutem a questão. Recentemente, as ondas de calor vêm ganhando destaque pelo alto número de óbitos decorrentes. Calado et al. (2004) estudaram os efeitos que a onda de calor ocorrida em agosto de 2003 tiveram sobre a mortalidade da população portuguesa. Os autores afirmam que a onda de calor parece ter sido a principal, se não a única, fonte causadora do excesso de óbitos observados. A conclusão tem base em três fatos observados:

1. Coincidência entre a onda de calor e o excesso de mortalidade observada;
2. Causas da morte que apresentaram riscos relativos muito elevados são específicas de agravos referentes à exposição ao calor, como golpe de calor, desidratação e outros distúrbios metabólicos;
3. O excesso de mortalidade observado na onda de calor de 2003 foi semelhante ao valor estimado para a onda de calor ocorrida em 1981 e quase o dobro do valor observado após a onda de calor ocorrida em 1991.

O tema tem uma abrangência muito grande. Alguns estudos, por exemplo, discutem a relação existente entre a exposição ao calor e danos ao sistema reprodutivo masculino, tendo em vista que a temperatura corporal tem papel fundamental na espermogênese humana. Ao estudar a influência exercida pelo calor na qualidade do sêmen de soldadores, Bonde (1992) concluiu que os trabalhadores que ficaram expostos ao calor proveniente da solda, por longo período (aproximadamente cinco horas por dia durante várias semanas), apresentaram uma diminuição na qualidade do sêmen. Porém, ao cessar a exposição, a qualidade do sêmen melhorava. O autor ainda relata que, durante a atividade, a temperatura da pele dos trabalhadores, na região da virilha, sofria um acréscimo médio de 1,4°C.

Em estudo semelhante, Figa-Talamanca (1992) pesquisou os efeitos na espermogênese causados pela exposição crônica a altas temperaturas dentro de uma indústria de cerâmica. O estudo revelou que os trabalhadores expostos apresentavam um aumento na quantidade de espermatozóides anormais.

Esses estudos indicam que a exposição a altas temperaturas pode ter relação com uma gama de efeitos adversos à saúde, podendo causar agravos mais leves como câimbras, exaustão e desmaios, até os mais severos, como agravos ao sistema reprodutor masculino e até mesmo a morte.

#### 4.2. EXPOSIÇÃO AO CALOR EM ATIVIDADES RURAIS

De acordo com IBGE (2010), a população rural brasileira é de 29.830.007

habitantes, correspondendo a 15,6% da população total. As atividades econômicas ligadas ao campo ou ao meio rural expõem esses trabalhadores a diversos riscos. A maioria dos estudos existentes na área de gestão da saúde e segurança do trabalhador rural está relacionada ao uso de agrotóxicos. Entretanto, Silva *et al.* (2005) descreve outros riscos existentes:

- Acidentes com ferramentas manuais, implementos agrícolas, máquinas ou provocados por animais. São os agravos de maior notificação;
- Acidentes com animais peçonhentos, por exemplo: aranhas, escorpiões, cobras, taturanas, abelhas, vespas, marimbondos, etc.;
- Exposição a agentes infecciosos e parasitários endêmicos, causadores de doenças como esquistossomose, malária, etc.;
- Exposição às radiações solares por períodos indevidos, não respeitando pausas e reposição de caloria e água necessárias. Podem ser desenvolvidos problemas de saúde, tais como câimbras, desmaios, exaustão por calor, envelhecimento precoce e câncer de pele;
- Exposição ao ruído, proveniente de motosserras, colhedadeiras, motores a combustão, etc. Alguns dos principais agravos decorrentes de tal exposição: perda auditiva, fadiga, irritabilidade, aumento da pressão arterial, distúrbios do sono, etc.;
- Exposição à vibração: pode ocasionar desconforto geral, dor lombar, degeneração dos discos intervertebrais, “doença dos dedos brancos” (Mal de Raynaud<sup>\*</sup>), etc.;
- Exposição a partículas de grãos armazenados, pólen, detritos de

---

\* Mal de Raynaud é um distúrbio raro dos vasos sanguíneos, normalmente nos dedos das mãos e dos pés. Pessoas com este distúrbio têm ataques que causam estreitamento dos vasos sanguíneos. Quando isto ocorre, o sangue não pode atingir a superfície da pele e as áreas afetadas se tornam brancas e azuis. Em casos mais graves, a perda de fluxo sanguíneo pode levar a lesões ou morte de tecidos (NATIONAL HEART, LUNG, AND BLOOD INSTITUTE, 2012).

origem animal, componentes de células de bactérias e fungos, etc. São pouco reconhecidos e registrados. Acarretam doenças do sistema respiratório, tais como: asma e pneumonite;

- O ritmo intenso de trabalho, juntamente com outros fatores como a alta demanda por produtividade, a ausência de pausas e a jornada longa de trabalho, fatores geralmente observados nos trabalhadores assalariados (colheita de cana-de-açúcar, flores, café, etc.), acarretam a seguinte patologia: LER/DORT (Lesões por Esforços Repetitivos/Distúrbio Osteomuscular Relacionado ao Trabalho);
- Exposição a fertilizantes (nitratos, fosfatos, etc.) podem acarretar intoxicações. As intoxicações por nitratos podem acarretar no surgimento de câncer.

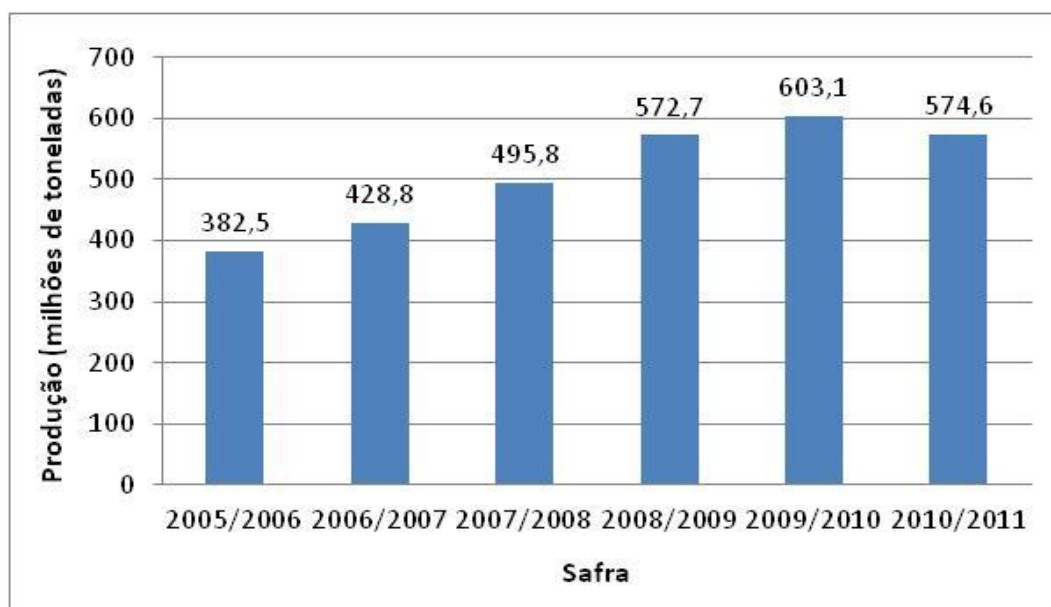
O trabalho em zonas rurais pode ser considerado crítico, pois, além de ser uma atividade diurna e em ambientes externos, expondo os trabalhadores à radiação solar, umidade, vento, etc., possui uma carga horária elevada e um grande volume de trabalho, facilitando o surgimento de agravos decorrentes da exposição excessiva ao calor (SCHENKER et al., 2002).

Diversos autores buscam detalhar as principais consequências da exposição ao calor na saúde do ser humano. É importante ressaltar que o corpo humano trabalha para manter a temperatura corpórea igual a 37°C. Parsons (2003) afirma que uma pessoa, durante prática de atividade física, cria calor metabólico no interior do corpo, o qual deve transferir esse calor para o meio externo para evitar um aumento demasiado da temperatura corpórea. Sendo assim, se o resfriamento via sudorese ou convecção (contato com ar resfriado ou com vento) não forem suficientes, deve-se reduzir a taxa metabólica do indivíduo, visando evitar uma sobrecarga térmica no trabalhador.

Isso pode interferir negativamente na produtividade do trabalhador, reduzindo consequentemente o lucro do empreendimento. Tal fato é corroborado no estudo de Cortez (2009), que também alerta para um maior risco de lesões e morbidade relacionada ao trabalho. Dessa forma, cria-se um impasse, entre a proteção à saúde do trabalhador e a manutenção da produtividade no ambiente de trabalho.

### 4.3. A IMPORTÂNCIA DA CULTURA CANAVIEIRA NO BRASIL

A cultura da cana-de-açúcar representa importante parcela na atividade agrícola brasileira. A evolução nacional da produção vegetal de cana-de-açúcar, de acordo com o Ministério da Agricultura (2010), pode ser acompanhada na Figura 1.



**Figura 1:** Evolução da produção vegetal de cana-de-açúcar no Brasil.

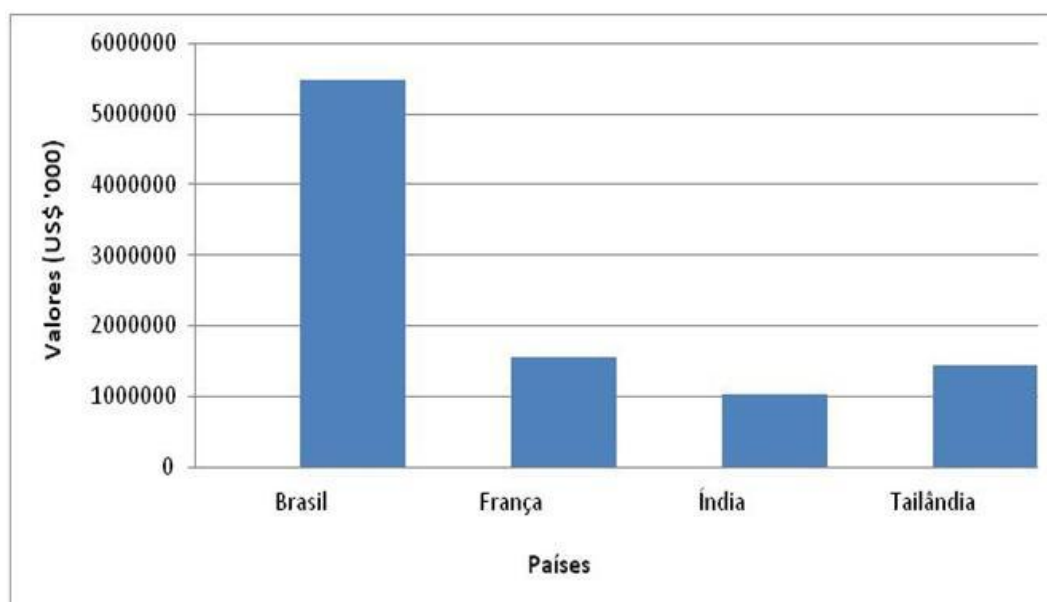
**Fonte:** Ministério da Agricultura.

O fato hoje é que, de acordo com o IBGE (2012a), a cultura canavieira vem respondendo por ótimos índices de produção, sendo que na safra de 2012, em levantamento realizado no mês de março, a área de cana-de-açúcar plantada no Brasil foi de 9,68 milhões de hectares, representando uma produção total aproximada de 743 milhões de toneladas. Para o mesmo ano, a cana só perde em área plantada para as culturas da soja (24,7 milhões de hectares) e do milho (14,7 milhões de hectares).



#### 4.4. A IMPORTÂNCIA DA CULTURA CANAVIEIRA DO BRASIL NO CENÁRIO MUNDIAL

O Brasil tem presença marcante no cenário sucro-alcooleiro mundial, sendo responsável por grande parte das exportações de cana-de-açúcar e seus derivados, açúcar e álcool, para o mercado mundial. Segundo a FAO (2011), o Brasil foi o maior exportador de açúcar do mundo entre os anos de 1999 a 2001 e 2003 a 2008, sendo que, para o último ano citado, as exportações brasileiras de açúcar representaram aproximadamente 30% de toda a exportação mundial. No ano de 2008, o país foi seguido pela França, Tailândia e Índia, como pode ser observado na Figura 2.



**Figura 2:** Valores das exportações de açúcar de países líderes na exportação de açúcar no ano de 2008.

**Fonte:** FAO (2011).

A produção da cultura canavieira aumenta gradativamente no Brasil e sua importância para a atividade agrícola nacional e mundial é imensa. O Brasil lidera as exportações mundiais e é referência no setor sucro-alcooleiro. No entanto, há que se verificar as condições de trabalho sob as quais as atividades são executadas, buscando reconhecer, avaliar e controlar os principais riscos existentes no ambiente laboral.

#### 4.5. EXPOSIÇÃO AO CALOR NA CULTURA CANAVIEIRA

O ramo canavieiro é responsável pela criação de milhares de empregos, diretos e indiretos. O número de empregados formais do setor no Brasil em 2005 foi de 982.604 trabalhadores, distribuídos entre a produção de cana-de-açúcar (42,2%), produção de açúcar (44,75%) e produção de álcool (13,1%). Além disso, se forem considerados os principais Estados produtores do Brasil, o maior grupo de trabalhadores formais (385.533) em 2005 situava-se no Estado de São Paulo, representando 39,2% do total (MORAES, 2007).

Em artigo publicado por Rudorff e Sugawara (2007), algumas características do cultivo de cana são abordadas:

- É uma cultura semiperene, cujo plantio ocorre geralmente entre os meses de outubro a março. O tempo decorrido entre o plantio e o primeiro corte determinará se a cana-planta é de ano ou de ano e meio;
- Uma vez realizado o primeiro corte, ocorrerão rebrotas (denominadas soqueiras) anualmente. As soqueiras recebem cortes anuais durante cinco a seis anos, quando devem ser substituídas por uma cana-planta de ano ou de ano e meio;
- O crescimento vegetativo mais intenso ocorre entre os meses de outubro a março, devido à alta demanda por água, radiação e temperatura;
- O trabalho dos cortadores de cana é iniciado em abril e estende-se até o mês de outubro, encerrando o período da colheita.

Em sua tese de doutorado, Marchiori (2004) afirmou que, as condições climáticas no Estado de São Paulo, possibilitam o plantio da cana-de-açúcar em dois períodos do ano. O primeiro é iniciado juntamente com a primavera e refere-se ao plantio de cana de ano; já o segundo período, inicia-se com o verão, quando as condições de temperatura e umidade são favoráveis ao bom e rápido desenvolvimento da cultura, referindo-se ao plantio de cana de ano e meio.

Já Rudorff et al. (2005), afirmam que a colheita da cana em São Paulo ocorre predominantemente entre os meses de abril e novembro. Com relação ao plantio, ocorre principalmente entre os meses de agosto e outubro, para cana de ano, e entre os meses de outubro e abril, para a cana de ano e meio.

Para os cortadores de cana, a exposição ao calor é um risco rotineiro, tendo em vista que o trabalho é realizado em ambiente externo e demanda um grande esforço físico. Alessi e Navarro (1997, p. 117) corroboram a afirmação:

O trabalhador, ao chegar ainda cedo no canavial, enfrenta, em seu ambiente de trabalho, temperatura elevada. A prática de se queimar a cana antes de seu corte, aquece a terra e, algumas vezes, o calor se conserva até o início da jornada. Este calor se intensifica, no decorrer do dia, pela ação solar.

A prática das queimadas pode agravar a condição de estresse térmico vivenciada pelos cortadores de cana. Ferreira (2006) apresenta algumas peculiaridades da queima da cana. De acordo com o pesquisador, durante a queimada da palha da cana-de-açúcar a temperatura, a 1,5 cm de profundidade chega a mais de 100°C e atinge 800°C a 15 cm acima da terra.

O processo da queima da cana é apresentado com mais detalhes por Oliveira e Barrocas (2003, p. 2):

O fogo é utilizado em geral no Brasil, em áreas agrícolas, para realizar a limpeza do terreno antes e após a colheita, com a finalidade de retirar as soqueiras e restos de cultura, além de promover o controle fitossanitário de pragas que aparecem em lavouras de monoculturas. Vários aspectos são avaliados para praticar a queima, tais como: o horário, condições de temperatura, vento e umidade. A prática da queima de canaviais é realizada ao entardecer, pois a temperatura está mais amena e os ventos, podem estar mais fracos e mantendo direção constante. A umidade do canavial no período noturno proporciona que a ignição e o incêndio ocorram facilmente. O corte da cana-de-açúcar pode ser iniciado na manhã seguinte ao processo de queima, pois neste período não existe mais as labaredas de fogo.

Ferreira (2006) afirma que, após uma queimada, é verificada uma elevação do aquecimento na superfície do solo, pela maior absorção da radiação solar, fato causado pela perda da cobertura vegetal e também pela redução do albedo decorrente da coloração escura adquirida pelo solo.

Alessi e Navarro (1997) fornecem mais detalhes a respeito do processo manual do corte de cana-de-açúcar: o trabalho é realizado por turmas de 30 a 40

trabalhadores, todos participam do ciclo completo (corte na base da cana, desponte do palmito e amontoamento). Entende-se por corte da cana a retirada da cana das touceiras, em geral, com um dos braços o trabalhador envolve o maior número possível de colmos de cana e, com um podão seguro pela outra mão, ele golpeia a touceira com um ou mais movimentos. O feixe de cana cortada é depositado em diversos montes (denominados “bandeiras”), os montes se distanciam uns dos outros por uma distância não superior a dois metros.

O processo de corte manual pode variar de acordo com o tipo de cana a ser cortada e com as particularidades regionais. Todos esses movimentos se repetem ao longo da jornada de trabalho e são realizados sob as mais diversas condições meteorológicas.

Crowe et al. (2009) acrescentam alguns detalhes aos referidos processos, observados em plantações localizadas na Costa Rica:

- **Colheita:** expõe o trabalhador rural ao calor intenso e à luz solar. Muitos agricultores realizam a queima da cana anteriormente à colheita, seja ela manual ou mecanizada, como forma de: reduzir a aspereza das folhas, afugentar cobras e reduzir o peso da cana para facilitar o transporte. As atividades da colheita se encerram com o transporte da cana até as fábricas, sendo geralmente realizado por caminhões ou tratores. Os agravos causados pela exposição ao calor durante a colheita são intensificados pela alta demanda de esforço físico.
- **Plantio:** as plantas de cana-de-açúcar têm uma vida produtiva de um a cinco anos e, quando necessário, o replantio é realizado manualmente. A tarefa, na maioria dos casos, é realizada entre 5h e 14h e requer trabalhadores com diversas funções: plantio, recobrimento das plantas com solo (garantem o enraizamento da planta) e contadores (contabilizam o número de metros plantados por trabalhador).
- **Irrigação e trabalhos gerais da plantação:** ocorre durante a época de seca e os turnos normalmente variam de 6h até 18h e de 18h até 6h. Durante a irrigação, os trabalhadores realizam considerável esforço físico, são expostos à luz solar direta e

geralmente não possuem um local sombreado para descanso. Alguns trabalhadores são contratados para prestação de serviços gerais (remover rochas previamente a entrada de máquinas colhedoras de cana, remover ervas daninha e gramas, recolher canas-de-açúcar deixadas pelas máquinas colhedoras, consertar vazamentos nos sistemas de irrigação, aplicar pesticidas e fertilizantes, etc.);

- **Período de manutenção (entressafra):** são períodos mais calmos e que demandam um menor número de trabalhadores, porém, que permanecem expostos ao calor e à luz solar direta. Realizam tarefas como aplicação de fertilizantes e pesticidas, controle manual de ervas daninha e manutenção do sistema de irrigação.

Balsadi (2011) relata que, apesar de melhorias na qualidade do emprego e na atividade rural, ainda permanecem condições adversas de trabalho, principalmente com relação aos trabalhadores temporários, contratados durante a época da colheita manual da cana-de-açúcar. O autor ainda alerta para as recentes mortes ocorridas nos canaviais, particularmente no Estado de São Paulo.

A Pastoral dos Migrantes de São Paulo, órgão associado à Igreja Católica, registrou, no período de 2004 a 2007, 21 mortes de cortadores de cana por exaustão, embora nos atestados de óbitos o registro seja identificado como parada cardíaca e respiratória como a causa principal. Ressalta-se que, antes de morrer, os cortadores apresentaram câimbras, tontura, dores de cabeça e, em alguns casos, sangramento nasal. De acordo com a Pastoral dos Migrantes, a causa das mortes está relacionada ao excesso de trabalho (SYDOW et al. 2008).

Ao estudar as principais causas das mortes de trabalhadores assalariados rurais (cortadores de canas), observadas nos canaviais do Brasil, Alves (2006) conclui que a maioria está relacionada à crescente demanda por produtividade combinada com o pagamento do trabalhador por produção. Isso faz com que os trabalhadores aumentem o esforço realizado durante sua jornada de trabalho, podendo provocar a morte ou a perda precoce da capacidade de trabalho. Outro fator agravante, é que o ganho do trabalhador durante a safra de cana deve

ser suficiente para manter o seu sustento e o da sua família durante todo o ano, pois, existe o risco de desemprego na entressafra, em função da falta de demanda de trabalhadores pelas usinas. O autor lembra que, o trabalho executado pelos cortadores exige um enorme esforço físico, sendo que, para garantir seu emprego, cada trabalhador precisa cortar, no mínimo, 12 toneladas por dia de cana. Alves (2006, p. 96) relata que

Um trabalhador que corta 12 toneladas de cana, em média, por dia de trabalho realiza as seguintes atividades no dia:

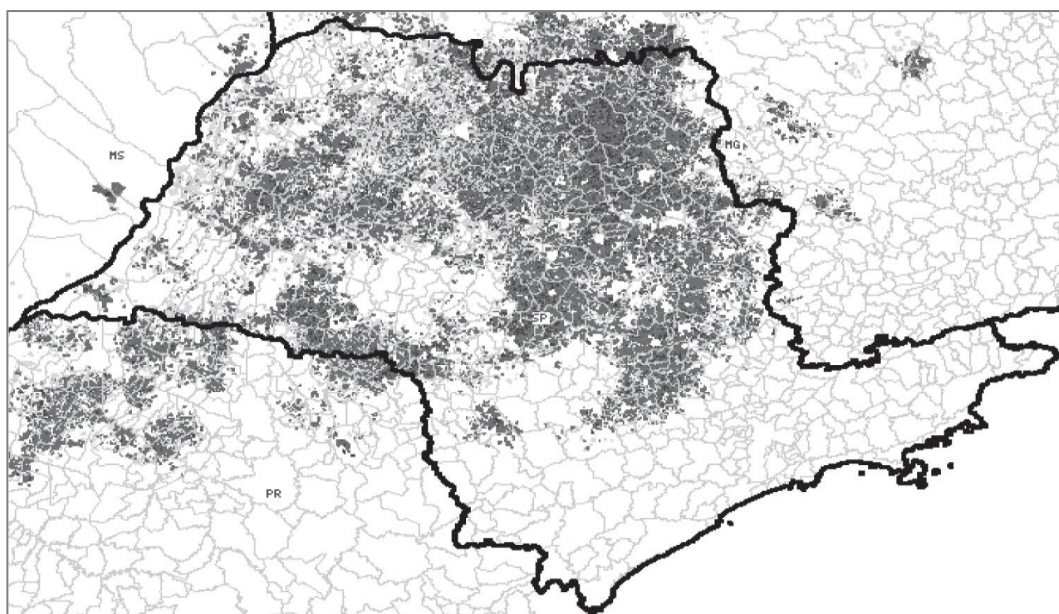
- Caminha 8.800 metros.
- Despende 133.332 golpes de podão.
- Carrega 12 toneladas de cana em montes de 15 kg, em média; portanto, faz 800 trajetos e 800 flexões, levando 15 kg nos braços por uma distância de 1,5 a 3 metros.
- Faz aproximadamente 36.630 flexões e entorses torácicas para golpear a cana.
- Perde, em média, 8 litros de água por dia, por realizar toda esta atividade sob sol forte do interior de São Paulo, sob os efeitos da poeira, da fuligem expelida pela cana queimada, trajando uma indumentária que o protege da cana, mas aumenta sua temperatura corporal.

Alves (2006) ainda discute outra contradição existente no setor sucroalcooleiro: máquinas modernas e típicas do século 21, divergindo das relações trabalhistas ultrapassadas (pagamento por produção), já banidas desde o século 18. De acordo com o autor, o pagamento por produção é uma forma muito antiga de recompensa e que recebe críticas desde o final do século XVIII. Os críticos alegam que esse sistema é desumano e perverso. Em contrapartida, os canaviais estão utilizando o que há de mais moderno em termos tecnológicos e organizacionais (tratores e máquinas agrícolas de última geração, agricultura controlada por geoprocessamento via satélite, etc.).

O setor canavieiro é de grande importância para o setor econômico nacional, gerando empregos, renda e visibilidade internacional. Porém, é necessário sempre um trabalho que vise integrar produtividade, saúde, meio ambiente e segurança. Dessa forma, evidencia-se a necessidade de estudos que sirvam como fundamento para medidas de controle e redução dos riscos ocupacionais, aos quais os cortadores de cana são expostos durante sua vida laboral.

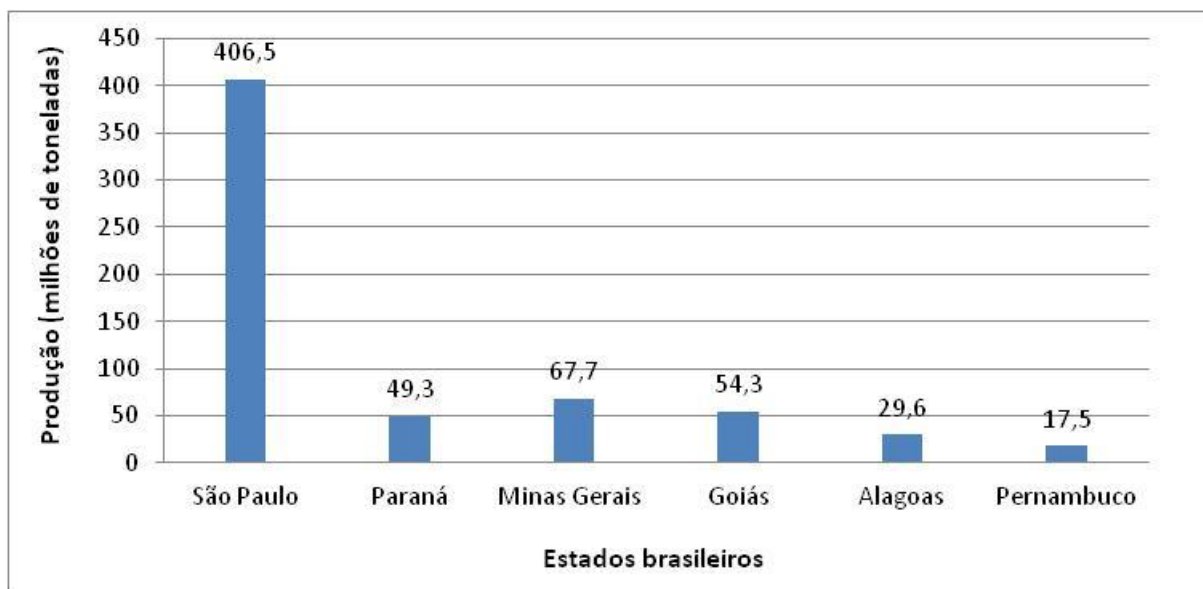
#### 4.6. A IMPORTÂNCIA DA CULTURA CANAVIEIRA NO ESTADO DE SP

O Estado de São Paulo possui inúmeros municípios produtores de cana e se apresenta como o principal produtor nacional. De acordo com Ribeiro e Ficarelli (2010), os canaviais paulistas estão localizados, majoritariamente, nas porções central e leste, além disso, houve uma expansão recente para o oeste do estado, como pode ser observado na Figura 2:



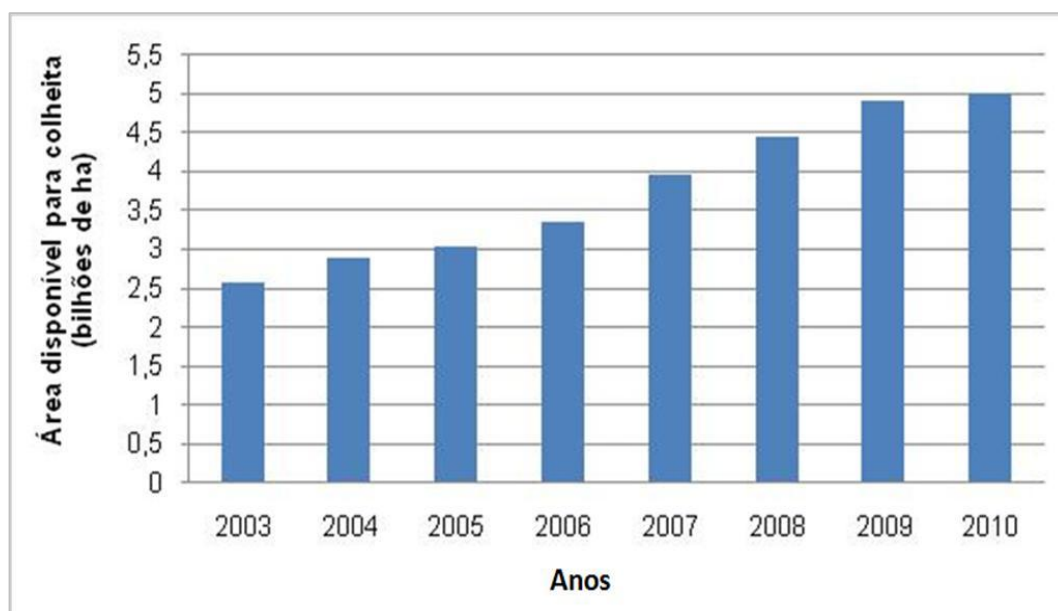
**Figura 3:** Áreas canavieiras no estado de São Paulo na safra 2008/2009.  
**Fonte:** CANASAT (2009) apud Ribeiro e Ficarelli (2010).

Dados disponibilizados pelo IBGE (2012b), referente à safra de 2011, comprovam o domínio das usinas paulistas no processamento da cana-de-açúcar. Para o período citado, 56,8% de toda a cana processada no Brasil foi produzida dentro do Estado de São Paulo. A Figura 4 resume os valores da produção de cana para a safra supracitada:



**Figura 4:** Cana-de-açúcar processada pelos seis maiores Estados produtores (safra de 2011).  
**Fonte:** IBGE (2012b)

Juntamente com a evolução do processamento da cana, aumenta a área total disponibilizada para colheita, como pode ser observado a seguir na Figura 5:



**Figura 5:** Evolução da área total disponível para colheita no Estado de São Paulo no período 2003-2010.  
**Fonte:** CANASAT (2011b).



A área disponível para colheita engloba três diferentes classes de cana (CANASAT, 2011a):

- **Soca:** é a classe de lavouras de cana que já passaram por mais de um corte, ou seja, é a cana que rebrotou de uma planta ou de uma soca. Nesta classe também se encontram as lavouras reformadas com cana planta de ano;
- **Reformada:** é a classe das lavouras de cana planta de ano e meio que foram reformadas no ano safra anterior e que estão disponíveis para colheita na safra corrente;
- **Expansão:** é a classe de lavouras de cana que pela primeira vez estão disponíveis para colheita. Lavouras de cana que foram convertidas em outro uso por um período igual ou maior a duas safras e voltaram a ser cultivadas com cana também se inserem nesta classe;
- **Em reforma:** é a classe das lavouras de cana que não serão colhidas devido à reforma com cana planta de ano-e-meio ou por serem destinadas a outro uso. Quando a lavoura da classe "em reforma" é de fato reformada com cana planta de ano-e-meio ela passa para a classe "reformada" no ano safra seguinte.

O Estado de São Paulo se mantém no posto de principal produtor do Brasil e isso faz com que trabalhadores rurais sejam atraídos para a região, buscando oportunidades de emprego e uma melhoria na sua qualidade de vida.

#### 4.7. MECANIZAÇÃO NA CULTURA CANAVIEIRA

As etapas que envolvem a cultura canavieira, como o preparo do solo, a semeadura, a irrigação e a colheita, vêm sofrendo um processo de mecanização gradual. Moraes (2007) afirma que a partir de 1999, quando o Estado distanciou-se consideravelmente do setor sucro-alcooleiro, os preços dos produtos são definidos em livre mercado, fazendo com que um novo panorama de competitividade se instalasse no setor. Sendo assim, as usinas de açúcar e/ou álcool foram obrigadas a

estudar novas estratégias tecnológicas e de mercado, visando alcançar uma competitividade cada vez maior. Dentre essas novas estratégias citadas, está a mecanização da colheita da cana de açúcar.

Paralelamente ao novo padrão de competição existente no mercado sucroalcooleiro, o qual impulsiona as usinas na direção da mecanização, está a questão da proibição das queimadas. De acordo com Moraes (2007), a proibição da prática da queimada da cana de açúcar como método de despalha faz com que a colheita seja feita de forma mecanizada, reduzindo a demanda por mão de obra.

A legislação nacional ainda é muito vaga no que se refere às queimadas em canaviais, porém, o Estado de São Paulo já se posicionou com relação ao assunto. Em 19 de setembro de 2002, foi aprovada a Lei nº 11.241, que dispõe sobre a eliminação gradativa do uso do fogo como método despalhador e facilitador do corte da cana-de-açúcar. A Secretaria do Meio Ambiente foi encarregada de fiscalizar as queimadas e a Secretaria da Agricultura, se incumbiu de acompanhar a modernização das atividades e o impacto do fim das queimas na cadeia produtiva. A justificativa da lei é que as queimadas prejudicam a saúde da população e a atmosfera, agravando os agravos relacionados ao efeito estufa (RIBEIRO e FICARELLI, 2010).

A lei distingue área mecanizável (terrenos com área superior a 150 ha e declividade menor ou igual a 12%, em solos com estruturas que permitam a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana) e não mecanizável (terrenos com declividade maior que 12%, em áreas com estrutura de solo que inviabilizem a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana) (ESTADO DE SÃO PAULO, 2002). Uma vez definidas estas áreas, são determinados prazos para a redução da prática de queimadas, apresentados na Tabela 1.

Na hipótese de uma colheita de cana totalmente mecanizada, a presença dos cortadores manuais de cana não seria mais essencial. Tal conjectura poderia levar à conclusão de que a relevância do presente trabalho estaria comprometida. Porém, o mapeamento do estresse térmico não deverá auxiliar apenas no caso específico dos cortadores manuais de cana, deverá ser útil para alertar a possibilidade de cargas térmicas excessivas em todas as atividades que demandem certo esforço físico e que ocorram ao ar livre, como as colheitas que devem, necessariamente, ocorrer de

forma manual. Como exemplo, há culturas destinadas ao consumo “in natura”, como morangos, aspargos, alface, brócolis, etc. Também se destacam certas profissões de risco como carteiros, policiais, jardineiros, funcionários de prefeituras (varrição, pavimentação, manutenção de canteiros, etc.), atividades físicas extenuantes como costumam ocorrer em unidades militares, entre outros.

**Tabela 1:** Prazos para a eliminação das queimadas no Estado de São Paulo.

	Área mecanizável	Área não mecanizável
	<b>Porcentagem de eliminação da queima</b>	
<b>1º ano</b>	20	-
<b>5º ano</b>	30	-
<b>10º ano</b>	50	10
<b>15º ano</b>	80	20
<b>20º ano</b>	100	30
<b>25º ano</b>	-	50
<b>30º ano</b>	-	100

Fonte: ESTADO DE SÃO PAULO (2002).

É importante ressaltar que a mecanização total das atividades de corte de cana-de-açúcar não é viável devido a limitações técnicas das máquinas existentes. Este problema pode ser superado através da re-localização espacial da atividade canavieira, o que poderia gerar complicações devido aos limites da propriedade e uso privado da terra no Brasil (ALVES, 2006).

#### 4.8. MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Com a crescente preocupação referente ao aquecimento global e suas principais consequências ao ser humano, surgem indagações a respeito das atividades ocupacionais que são realizadas em ambientes externos, expondo os trabalhadores às condições ambientais do local.

Em estudo publicado por Nobre (2004), a elevação da temperatura global média da superfície do Planeta Terra é destacada. O aumento de 0,6°C para 0,7°C, nos últimos 100 anos, é decorrente da emissão antrópica de Gases de Efeito Estufa (GEE). Os principais gases citados foram: dióxido de carbono, metano, ozônio e óxido nitroso.

Desde a década de 1980, evidências científicas sobre a possibilidade de mudança do clima em nível mundial vêm despertando interesses crescentes no público e na comunidade científica em geral. Em 1988, a Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Pnuma) estabeleceram o Intergovernmental Panel on Climate Change [Painel Intergovernmental de Mudanças Climáticas] (IPCC). O IPCC ficou encarregado de apoiar com trabalhos científicos as avaliações do clima e os cenários de mudanças climáticas para o futuro. Sua missão é “avaliar a informação científica, técnica e socioeconômica relevante para entender os riscos induzidos pela mudança climática na população humana”. O IPCC foi criado pelos governos em 1988 para fornecer informações técnicas e científicas sobre as mudanças climáticas. O processo utilizado para produzir essas avaliações é criado para assegurar alta credibilidade tanto na comunidade científica como na política (MARENGO, 2008, p.84).

O IPCC tenta reunir o maior número possível de pesquisadores de diferentes países. Ele não realiza pesquisas científicas, mas coleta e avalia a literatura já existente. De acordo com Esparta e Moreira (2002), os estudos do IPCC foram divididos em três grupos de trabalho independentes, que devem realizar as seguintes tarefas:

- **Grupo I (Base Científica):** determinam projeções das concentrações futuras de Gases de Efeito Estufa (GEE) na atmosfera. Também estudam os padrões de mudança global e regional da temperatura, de precipitação, do nível do mar e de eventos climáticos extremos;
- **Grupo II (Impactos, adaptação e vulnerabilidade):** avaliam os impactos socioeconômicos e biofísicos das mudanças climáticas com relação aos riscos associados (sistemas únicos e ameaçados, eventos climáticos extremos e eventos de alto impacto e/ou larga escala), como a acidificação dos mares e savanização da Amazônia;
- **Grupo III (Mitigação):** estudam alternativas de adaptação e mitigação das mudanças do clima.

Até o presente momento, o IPCC lançou os seguintes relatórios de avaliação:

- **1990:** IPCC – FAR (IPCC – First Assessment Report: Primeiro Relatório de Avaliação);
- **1995:** IPCC – SAR (IPCC – Second Assessment Report: Segundo Relatório de Avaliação);
- **2001:** IPCC – TAR (IPCC – Third Assessment Report: Terceiro Relatório de Avaliação);
- **2007:** IPCC – FAR (IPCC – Fourth Assessment Report: Quarto Relatório de Avaliação).

Um quinto relatório está sendo confeccionado pelo IPCC e a previsão é de que seja lançado em outubro de 2014. O documento irá fornecer uma atualização dos conhecimentos sobre os aspectos científicos, técnicos e socioeconômicos das alterações climáticas. Mais de 800 autores participarão do desenvolvimento do projeto, selecionados dentre um grupo de aproximadamente 3000 candidatos (IPCC, 2011).

O quarto relatório do IPCC, também conhecido como AR4, deixa claro que a elevação da temperatura da superfície terrestre está de fato ocorrendo, tal fato é evidenciado pela análise das temperaturas médias globais do ar e dos oceanos, pelo derretimento das calotas polares e pelo aumento do nível médio dos oceanos. Os pesquisadores ainda afirmam que existe uma probabilidade de 90% de que o aquecimento global médio observado nos últimos 50 anos seja proveniente de emissão antrópica dos GEE. O estudo fez uma projeção do aquecimento médio global da superfície terrestre para o final do século 21 (2090 – 2099), na qual o valor estimado está entre 1,8°C a 4,0°C, variando de acordo com o cenário projetado (IPCC, 2007). O relatório discute alguns possíveis impactos futuros que poderiam ser causados pelas mudanças climáticas em determinados sistemas ecológicos e setores da sociedade:

- **Ecosistemas:** os ecossistemas, no século 21, deverão apresentar uma elevada capacidade de regeneração, devido à combinação sem precedentes de fatores associados com as mudanças climáticas (tais como inundações, secas, incêndios, insetos e acidificação dos oceanos) e fatores relacionados a mudanças globais, como mudança do uso do solo, fragmentação de ecossistemas, exploração não

sustentável dos recursos naturais, etc. Com relação à fauna e flora, estima-se que aproximadamente 20 a 30% das espécies avaliadas são susceptíveis ao risco de extinção, em caso de aumento na temperatura média global na ordem de 1,5 – 2,5°C;

- **Alimento:** a projeção é que a produtividade das culturas tenha uma leve elevação em locais de latitude média a alta, no caso de elevação média da temperatura entre 1 a 3°C. Nas latitudes mais baixas, especialmente em áreas sazonalmente secas e tropicais, a projeção da produtividade é alarmante: a produção de alimentos deve diminuir, mesmo para uma pequena elevação da temperatura média de 1 a 2°C, aumentando o risco de fome. Na escala global, o potencial de produção alimentar deverá aumentar com o aumento da temperatura média na faixa de 1 a 3°C, acima desse valor, a projeção é de queda de produtividade;
- **Litoral:** elevação do nível do mar pode acarretar aumento do risco de erosão das costas litorâneas, podendo ser agravado pela crescente pressão antrópica nessas áreas. Por volta de 2080, as inundações podem atingir milhões de pessoas a mais do que atingem nos dias atuais;
- **Indústria e sociedade:** estudos indicam que as parcelas mais vulneráveis serão aquelas cujas instalações se localizam junto à costa marítima e planícies sujeitas a inundações. Indústrias e comunidades que tenham dependência econômica de recursos fortemente relacionados com fatores climáticos, também poderão sofrer sérios prejuízos. Comunidades pobres são muito vulneráveis, por não possuírem condições econômicas de neutralização dos riscos;
- **Saúde:** a projeção é de que milhões de pessoas sejam afetadas, por diferentes motivos: desnutrição, doenças e lesões ocasionadas por eventos extremos, mudança no padrão da distribuição de vetores de doenças infecciosas (devido às mudanças dos padrões pluviométricos e de temperatura). Em algumas situações, o aquecimento poderá ser benéfico, evitando mortes por hipotermia em regiões muito frias e reduzindo casos de malária na África, em função da diminuição do alcance e transmissão da doença;

- **Recursos Hídricos:** as mudanças climáticas devem agravar os problemas relacionados à disponibilidade hídrica. Em uma escala regional, o gelo presente em montanhas, geleiras e calotas é fundamental para a manutenção da disponibilidade de água fresca. A previsão é de que, nesse século, a taxa de derretimento desse gelo aumente ainda mais, reduzindo a disponibilidade hídrica, o potencial hidrelétrico e alterando o fluxo hídrico de regiões abastecidas por água proveniente do derretimento de gelo/neve armazenado em montanhas (Himalaia, Andes, etc.). É importante destacar que mais de um sexto da população mundial habitam essas áreas. Com relação às chuvas, dentre os diversos efeitos observados, destaca-se uma provável redução dos índices pluviométricos em regiões semi-áridas (como o nordeste brasileiro). O aumento da temperatura média afetará as propriedades físicas, químicas e biológicas dos lagos e rios, impactando negativamente muitas espécies aquáticas, a composição da comunidade e a qualidade das águas.

INPE (2011) traz algumas considerações a respeito das mudanças climáticas nas cinco diferentes regiões do Brasil (Norte, Nordeste, Centro Oeste, Sudeste e Sul). A região de interesse do presente estudo, Sudeste, possui dois cenários de mudança de temperatura, ambos gerando aumentos das chuvas de forma intensa e irregular, são eles:

- **Cenário pessimista:** aquecimento de 3 a 4°C;
- **Cenário otimista:** aquecimento de 2 a 3°C.

O estudo ainda apresenta os possíveis impactos relacionados aos referidos aquecimentos:

- Maior frequência de enchentes urbanas e deslizamentos de terra em áreas de encosta, afetando moradores;
- Elevadas taxas de evaporação, seguidas por dias secos, que podem afetar agricultura de subsistência, pecuária e agroindústria;

- Escassez de alimentos, elevando os preços e acarretando em desabastecimento;
- Aumento das ondas de calor, afetando a saúde e aumentando o consumo elétrico, com risco de desabastecimento de energia;
- Impactos no fornecimento e qualidade de água para população;
- Impacto na geração de emprego, conflitos sociais, ameaça a segurança e saques;
- Impactos nos ecossistemas naturais (Mata Atlântica e costeiros).

Muitos estudos observados (INPE, 2011; IPCC, 2007; HYATT et al., 2010; FEARNSIDE, 2006) consideram o aumento médio da superfície terrestre como sendo de aproximadamente 3°C, para o final do século 21.

Na literatura ainda há escassez de estudos relacionando o aquecimento global com a saúde do trabalhador rural. Sendo assim, o presente estudo busca mapear a distribuição espacial da exposição ao calor no Estado de São Paulo, pois, a área apresenta intensa concentração desses trabalhadores. Tais mapas fornecerão uma estimativa do grau de exposição e poderá auxiliar na gestão dos riscos relacionados ao calor ocupacional.

#### 4.9. QUANTIFICAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO CALOR E CONDIÇÃO INSALUBRE

Uma das metodologias mais comuns para avaliação da exposição ao calor é o “Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo (IBUTG)”. A grande vantagem do IBUTG é se basear apenas em variáveis ambientais, não abrangendo questões individuais, como a percepção individual ao calor (HYATT et al., 2010).

Budd (2008) afirma que o IBUTG é o índice mais utilizado para medições de estresse relacionados ao calor. O índice é considerado ferramenta padrão em ambientes profissionais e até mesmo na área esportiva. O autor ressalta que importantes instituições internacionais apresentam valores limites para o IBUTG, como a americana ACGIH (American Conference of Governmental Industrial



Hygienists) e a japonesa JSOH (Japan Society for Occupational Health).

No Brasil, o IBUTG é utilizado principalmente nos assuntos que envolvem fiscalizações de atividades ocupacionais, visando à identificação de condição insalubre no ambiente laboral. As principais Normas vigentes no Brasil e que abordam as questões de saúde e segurança do trabalho, abrangendo consequentemente as questões de insalubridade, são: Norma Regulamentadora (NR-15, Anexo Nº 3) e Norma de Higiene Ocupacional (NHO 06 – Avaliação da Exposição Ocupacional ao Calor).

De acordo com o Ministério do Trabalho e Emprego (2012), atividades insalubres são aquelas que expõem os trabalhadores a agentes nocivos à saúde. Esses agentes nocivos devem estar em concentrações acima dos limites legais permitidos, também conhecidos como limites de tolerância. A NR-15 define “Limite de tolerância” como sendo a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral. A insalubridade pode ser atestada através da avaliação dos seguintes agentes:

- Ruído (contínuo ou intermitente);
- Calor;
- Radiações ionizantes;
- Pressão elevada;
- Radiações não-ionizantes;
- Vibrações;
- Frio;
- Umidade;
- Agentes químicos;
- Poeiras minerais;
- Biológicos.

Uma vez que a insalubridade seja identificada no ambiente laboral, o trabalhador tem direito a um adicional no seu salário. O empregado receberá, além do seu salário normal, esse adicional, calculado em 40%, 20% ou 10% sobre o salário mínimo da região, conforme o grau de insalubridade atestado. De acordo

com a NR- 15, eliminação ou neutralização da insalubridade determinará a cessação do pagamento adicional mencionado. Isso ocorrerá através da adoção de medidas de ordem geral que conservem o ambiente de trabalho dentro dos limites de tolerância e com a utilização de equipamento de proteção individual (EPI's).

Para o caso específico da avaliação à exposição ao calor e a possibilidade da ocorrência de um ambiente laboral insalubre, ambas as Normas (NR-15 e NHO-06) seguem o mesmo padrão de avaliação, envolvendo basicamente três parâmetros: temperatura de bulbo úmido natural ( $T_{bn}$ ), temperatura de globo ( $T_g$ ) e temperatura de bulbo seco ( $T_{bs}$ ). Os aparelhos que devem ser usados nestas medições são: termômetro de bulbo úmido natural, termômetro de globo e termômetro de mercúrio comum. O valor do IBUTG para os casos em que o trabalho é realizado em ambiente externo com carga solar, é obtido através da Equação 1:

$$IBUTG = 0,7 T_{bn} + 0,1 T_{bs} + 0,2 T_g \quad (1)$$

Cada tipo de atividade laboral demanda um determinado dispêndio metabólico, esse gasto energético irá determinar se a atividade realizada é considerada leve, moderada ou pesada. Essa classificação é determinada pela NR-15 e pode ser observada na Tabela 2.

**Tabela 2:** Taxa de metabolismo por tipo de atividade.

<b>TIPO DE ATIVIDADE</b>	<b>Taxa de metabolismo (Kcal/h)</b>
<b>SENTADO EM REPOUSO</b>	100
<b>TRABALHO LEVE</b>	
Sentado, movimentos moderados com braços e tronco.	125
Sentado, movimentos moderados com braços e pernas.	150
De pé, trabalho leve, em máquina ou bancada, principalmente com os braços.	150
<b>TRABALHO MODERADO</b>	
Sentado, movimentos vigorosos com braços e pernas.	180
De pé, trabalho leve em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	175
De pé, trabalho moderado em máquina ou bancada, com alguma movimentação.	220
Em movimento, trabalho moderado de levantar ou empurrar.	300
<b>TRABALHO PESADO</b>	
Trabalho intermitente de levantar, empurrar ou arrastar pesos.	440
Trabalho fatigante.	550

**Fonte:** NR-15, Anexo N° 3 (2010).

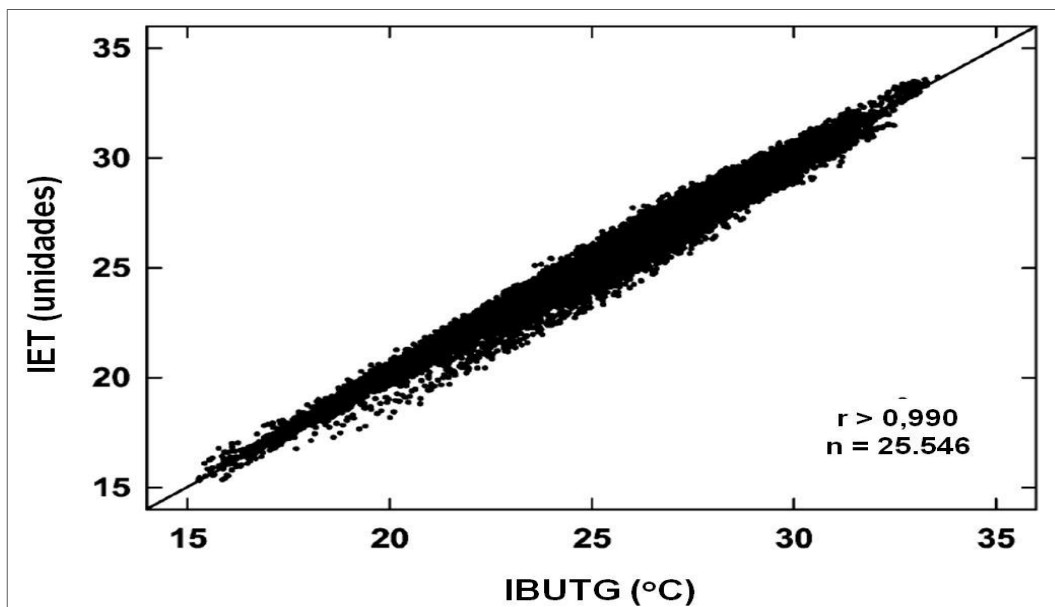
Na Tabela 3, tem-se a relação entre o valor do IBUTG, o tipo de atividade realizada (leve, moderada e pesada) e a recomendação quanto ao regime de trabalho (contínuo, intermitente ou não recomendado). Esta tabela foi confeccionada a partir da NR-15 e se aplica para o caso em que o trabalhador descansa no mesmo ambiente em que a atividade laboral é realizada.

**Tabela 3:** Limites de tolerância para exposição ao calor (°C), com regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho de prestação de serviço.

Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)	Tipo de Atividade		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	Acima de 32,2	Acima de 31,1	Acima de 30,0

**Fonte:** NR-15, Anexo N° 3 (2010).

Em 2001, foi proposto por Moran et al. (2001) um novo índice, denominado “Índice de Estresse Térmico (IET)”. O método é baseado em três diferentes parâmetros relacionados ao calor, são eles: temperatura ambiente (TA), umidade relativa (UR) e radiação solar (RS). Os autores concluíram que o novo índice apresenta forte potencial para ser usado como uma alternativa ao IBUTG. O estudo relatou que o coeficiente de correlação linear ( $r$ ) e o respectivo coeficiente de determinação ( $r^2$ ) entre o IBUTG e o IET é muito alto ( $r > 0,990$  e  $r^2 > 0,981$ ), como se pode observar na Figura 7.



**Figura 6:** Correlação existente entre os índices IET e IBUTG.

Fonte: Moran et al. (2001), adaptado.

Triola (2008) afirma que duas variáveis apresentam correlação entre si quando uma delas está relacionada com a outra de alguma maneira. O autor ainda relata que o coeficiente de correlação linear mede a intensidade da relação linear existente entre os valores quantitativos emparelhados  $x$  e  $y$  em uma amostra. O valor de  $r$  deve estar entre o intervalo  $-1$  e  $+1$ , inclusive. Portanto, se  $r$  estiver muito próximo de  $0$ , conclui-se que não existe correlação linear significativa entre as variáveis analisadas. Porém, caso o valor de  $r$  esteja próximo de  $-1$  ou  $+1$ , conclui-se que há uma correlação linear significativa. Ao elevarmos  $r$  ao quadrado, obtemos o seu coeficiente de determinação ( $r^2$ ), tal valor representa a proporção da variação em  $y$  que pode ser explicada pela relação linear entre  $x$  e  $y$ .

Segue a Equação 2, referente ao cálculo do IET:

$$\text{IET} = 0,63\text{TA} - 0,03\text{UR} + 0,002\text{RS} + 0,0054(\text{TA} \times \text{UR}) - 0,073(0,1 + \text{RS})^{-1} \quad (2)$$

Sendo que:

- TA: temperatura ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ );
- UR: umidade relativa (%);
- RS: radiação solar ( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

O IET se apresenta como uma ferramenta alternativa ao uso do IBUTG, se caracterizando pela simplicidade dos cálculos e a facilidade de obtenção dos dados, pois, informações a respeito de umidade relativa, radiação solar e temperatura ambiente, são facilmente encontradas em estações coletoras de dados meteorológicos.

Dessa forma, sendo a correlação entre o IET e o IBUTG muito alta e, observando-se que a equação da reta (Figura 7) é dada por  $IET = IBUTG$ , é possível inferir os valores do segundo a partir dos valores calculados para o primeiro.

#### 4.10. SAÚDE PÚBLICA E SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

O geoprocessamento é entendido como um conjunto de ferramentas necessárias para a manipulação de informações espacialmente referidas. Pode-se aplicar os conhecimentos do geoprocessamento nas questões de saúde pública, permitindo assim, o mapeamento de doenças e a avaliação dos riscos existentes no ambiente (BARCELLOS e RAMALHO, 2002). Dentro deste contexto, estão inseridos os Sistemas de Informações Geográficas. Assad e Sano (1993) afirmam que os SIG são:

Sistemas destinados ao tratamento automatizado de dados georreferenciados. Estes sistemas manipulam dados de diversas fontes e formatos, dentro de um ambiente computacional ágil e capaz de integrar as informações espaciais temáticas e gerar novos dados derivados dos originais.

A utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) é cada vez mais frequente. Sua aplicação no campo da saúde oferece inúmeras possibilidades, possibilitando aos pesquisadores novos métodos para o manejo de informações espaciais. Dessa forma, os SIG se apresentam como uma poderosa ferramenta de gestão, fornecendo embasamento científico para diversos processos de tomada de decisão.

Um dos setores que, atualmente, está fortemente ligado aos SIG é a saúde pública. As ferramentas de um SIG permitem uma melhor compreensão do contexto

em que os fatores determinantes de agravos à saúde se aplicam. Ricketts (2003) afirma que os SIG não são solução única para o entendimento da distribuição de doenças e problemas relacionados à saúde pública, mas representam uma ferramenta fundamental para a compreensão de como os humanos interagem com o meio ambiente ao seu redor, podendo favorecer ou prejudicar a saúde da população. O autor defende que a saúde pública vem sendo substancialmente transformada pela informação tecnológica, e que, a utilização cada vez mais frequente dos SIG representa uma mudança evolutiva. Além disso, a possibilidade de associar diversas bases de dados e a produção de mapas de fácil visualização, contribui para o avanço dos sistemas de vigilância à saúde.

Santos et al. (2004) utilizaram SIG para interpretar o processo endêmico da tuberculose (TB) no município de Ribeirão Preto – SP, fortalecendo assim, o sistema de informação em saúde do município. O objetivo era descrever a distribuição espacial dos casos notificados de TB através da criação de mapas de fácil visualização, para o período de 1990 a 2000. Os pesquisadores, após análise dos mapas gerados, concluíram que os casos de tuberculose estavam concentrados em bairros de classe média ou baixa e, portanto, tinham relação com a crítica situação sócio-econômica dos locais mais atingidos. Tal afirmação é corroborado no estudo de Filho e Hijjar (1993). Com base nessas afirmações, os órgãos responsáveis pela vigilância epidemiológica na região, terão maiores possibilidades de sucesso, no caso de alocação de recursos financeiros visando a erradicação a doença no local, uma vez que o comportamento espacial da TB no local já é conhecido.

#### 4.11. MAPEAMENTO DA EXPOSIÇÃO AO CALOR

A utilização de mapas para auxiliar o entendimento das mais diversas situações vem sendo utilizado pela comunidade científica como ferramenta de gestão. A aplicabilidade dos mapeamentos é muito diversificada: pedologia (ROSSI e OLIVEIRA, 2000), identificação de cicatrizes de queimadas (LIMA et al., 2009), mapeamento do potencial de uso e ocupação do solo (FERREIRA et al., 2005), epidemiologia (ALMEIDA et al., 2009), análise de ruído (PINTO, 2008), entre outros.

A utilização do mapeamento representa uma ferramenta eficaz para a tomada de decisão, tanto pelo setor privado como pelo setor público, como por exemplo, a racionalização da aplicação de recursos financeiros.

O mapeamento do IBUTG pode ser imprescindível para a manutenção e proteção da saúde pública, visando a prevenção de possíveis agravos relacionados à exposição ao calor. No caso particular dos trabalhadores rurais, essa ferramenta tem grande aplicação, pois, o trabalho é realizado em ambiente externo, sob as mais diversas condições ambientais. No entanto, trabalhos que relacionem as mudanças climáticas com a saúde dos trabalhadores ainda são escassos. Alguns estudos mais recentes como o de Kjellstrom et al. (2009a), Kjellstrom et al. (2009b), Kjellstrom et al. (2009c), Parsons (2009) e Lin e Chan (2009) buscam levantar questões de bem-estar, produtividade e saúde em situações de desconforto térmico ou em condições prováveis de aquecimento global.

Artigos envolvendo a construção de mapas de exposição ao calor são ainda mais escassos. As publicações recentemente apresentadas por Hyatt et al. (2010) e Jendritzky e Tinz (2009) são raros exemplos desse mapeamento.

#### 4.12. KRIGAGEM

O SIG é uma ferramenta poderosa de suporte às tomadas de decisão e vem se tornando cada vez mais popular. Atualmente existem diversos trabalhos que se utilizam dessas ferramentas durante a execução das suas metodologias e das análises de dados georreferenciados.

Os métodos “convencionais” de análise de dados georreferenciados utilizam dados no formato vetorial, se valendo de pontos, linhas e polígonos para tentar representar as características físicas/geográficas da área de estudo. E quando se utilizam *softwares* como o Arcview, em seu módulo básico, para se analisar dados tabulares, toda a unidade de análise assume o mesmo valor. Assim, se por exemplo a análise for em nível municipal, todo o município assumirá um valor único, e seu vizinho outro valor único. E o contraste entre estes pode ser enorme, fazendo com que o mapa final se pareça com uma verdadeira “colcha de retalhos”. Um melhor método de análise de dados se baseia na interpolação destes dados. Assim, os valores intermediários dos dados são preservados, e o resultado final é uma superfície contínua de dados mais suavizados, minimizando os contrastes entre os polígonos. A Krigagem é considerada uma boa metodologia de



interpolação de dados. [...] a krigagem utiliza funções matemáticas para acrescentar pesos maiores nas posições mais próximas aos pontos amostrais e pesos menores nas posições mais distantes, e criar assim os novos pontos interpolados com base nessas combinações lineares de dados (JAKOB, 2002).

Sendo assim, a ferramenta de interpolação de dados é fundamental para a espacialização de dados visando a criação de mapas temáticos. Jakob (2002) ainda ressalta a eficácia da ferramenta, mesmo quando se tem pouca disponibilidade de informações. O autor afirma que a krigagem é relativamente simples de ser aplicada, bastando um conhecimento mínimo sobre o software, sendo que, a etapa mais complexa é a de interpretação dos resultados.

## 5. METODOLOGIA

### 5.1. QUANTIFICAÇÃO DA EXPOSIÇÃO AO CALOR

Para quantificar e projetar a exposição ao calor em trabalhadores rurais definiu-se como ferramenta de análise o índice IET (Índice de Estresse Térmico), conforme sugerido por Moran et al. (2001). O estudo conclui que a correlação entre os dois índices é muito alta ( $r > 0,990$ ) e que, portanto, a equação da reta pode ser representada por  $IET \text{ (unidade)} = IBUTG \text{ (}^\circ\text{C)}$ . Sendo assim, optou-se por adequar os limites de tolerância para exposição ao calor estabelecidos pela NR-15 voltados para a aplicação do IBUTG, apresentados na Tabela 3, para a realidade do IET. Após essa adequação mencionada, criou-se uma nova tabela (Tabela 4), voltada especificamente para o IET:

**Tabela 4:** Limites de tolerância para exposição ao calor (unidades de IET), com regime de trabalho intermitente com descanso no próprio local de trabalho de prestação de serviço.

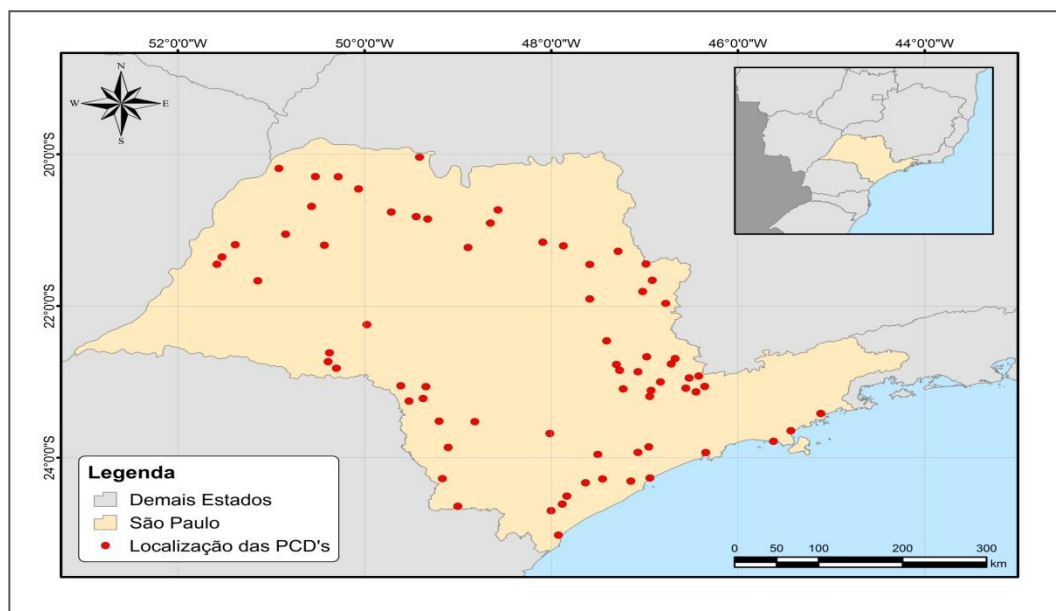
Regime de Trabalho Intermitente com Descanso no Próprio Local de Trabalho (por hora)	Tipo de Atividade		
	Leve	Moderada	Pesada
Trabalho contínuo	Até 30,0	Até 26,7	Até 25,0
45 minutos trabalho 15 minutos descanso	30,1 a 30,6	26,8 a 28,0	25,1 a 25,9
30 minutos trabalho 30 minutos descanso	30,7 a 31,4	28,1 a 29,4	26,0 a 27,9
15 minutos trabalho 45 minutos descanso	31,5 a 32,2	29,5 a 31,1	28,0 a 30,0
Não é permitido o trabalho sem a adoção de medidas adequadas de controle	Acima de 32,2	Acima de 31,1	Acima de 30,0

## 5.2. COLETA DE DADOS METEOROLÓGICOS

A coleta de dados foi realizada junto ao Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). O Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) é um instituto de pesquisa da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (IAC, 2011).

Os dados obtidos fornecem informações meteorológicas a respeito de 72 (setenta e duas) Plataformas Coletoras de Dados (PCD's) distribuídas pelo Estado de São Paulo, conforme apresentado na tabela do Anexo 1.

A localização espacial dos municípios citados pode ser vista na Figura 8. As PCD's registram os dados meteorológicos a cada hora. Os parâmetros obtidos foram: Umidade Relativa - UR (%), Radiação Solar - RS ( $W/m^2$ ) e Temperatura Ambiente - TA ( $^{\circ}C$ ).



**Figura 7:** Localização das PCD's.

## 5.3. CÁLCULO DO ÍNDICE DE ESTRESSE TÉRMICO E MAPEAMENTO

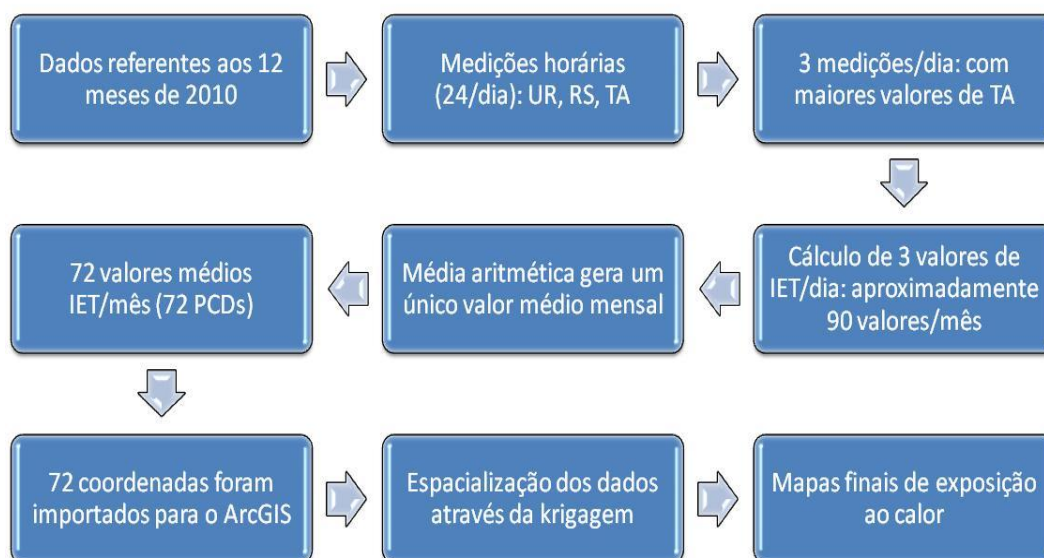
Os índices IET foram calculados para todo o território do Estado de São

Paulo. Os dados (UR, RS e TA) que foram introduzidos no modelo matemático (Equação 1, página 42), referem-se às três horas com temperaturas mais elevadas de cada dia, durante os 12 meses do ano de 2010.

A seguir, tem-se um detalhamento das diretrizes utilizadas para o cálculo dos IET's, os quais foram inseridos no modelo matemático, para posterior criação dos mapas de estresse térmico:

- Os dados inseridos no modelo matemático são referentes aos 12 meses do ano de 2010;
- Foram obtidos dados do IAC, que representam medições horárias. Para cada dia do mês, foram consideradas 24 medições de UR, RS e TA;
- Das 24 medições diárias, foram escolhidas as três medições com os valores de TA mais elevados. Sendo assim, para cada dia do mês, há três medições em destaque;
- A partir dos dados de UR e RS referentes aos três valores mais elevados de TA, calcularam-se três valores de IET;
- A partir desses valores de IET, calculou-se um valor único mensal, através de média aritmética;
- Como existem 72 estações meteorológicas envolvidas no estudo, resultou em 72 valores mensais médios de IET, um para cada estação;
- Os 72 valores de IET obtidos, juntamente com os respectivos valores de longitude e latitude, foram importados para o ArcGIS, por meio da ferramenta ArcView;
- Em seguida, o processo de espacialização dos dados foi iniciado, com auxílio da ferramenta "Kriging", para que se obtivesse o mapa final de exposição ao calor. No Brasil, a ferramenta é mais conhecida como krigagem.

As etapas supracitadas são resumidas através da Figura 8:



**Figura 8:** Resumo da metodologia aplicada para confecção dos mapas finais de exposição ao calor.

Um segundo cenário foi construído a partir das condições ambientais encontradas em 2010, visando projetar o estresse térmico nos trabalhadores rurais no caso de um aquecimento global da ordem de 3°C, valor aproximado da média estimada para o aquecimento global ao final desse século (1,8 a 4°C), de acordo com IPCC (2007).

Os mapas obtidos com os valores amostrados pelas estações meteorológicas e aqueles gerados com base na previsão de aquecimento global médio do IPCC, serão apresentados lado a lado, para cada um dos doze meses do ano.

#### 5.4. POTENCIALIZANDO OS RISCOS

Com o intuito de facilitar a avaliação dos resultados e embasar as discussões, criou-se categorias de risco para os valores de IET. A escala de IET nos mapas foi segregada em 3 (três) níveis, são eles:

- IET < 25 unidades: risco baixo;
- 25°C ≤ IET ≤ 33 unidades: risco moderado a alto;
- IET > 33 unidades: risco extremo.

Tal escala foi baseada em observações feitas por Hyatt et al. (2010).

Os autores se baseiam em padrões de saúde ocupacional, como a ISO 7243/1989 (Ambientes quentes: Estimativa do estresse por calor em trabalhadores, baseado no índice IBUTG – Índice de Bulbo Úmido – Termômetro de Globo) e em padrões americanos que fazem as seguintes observações:

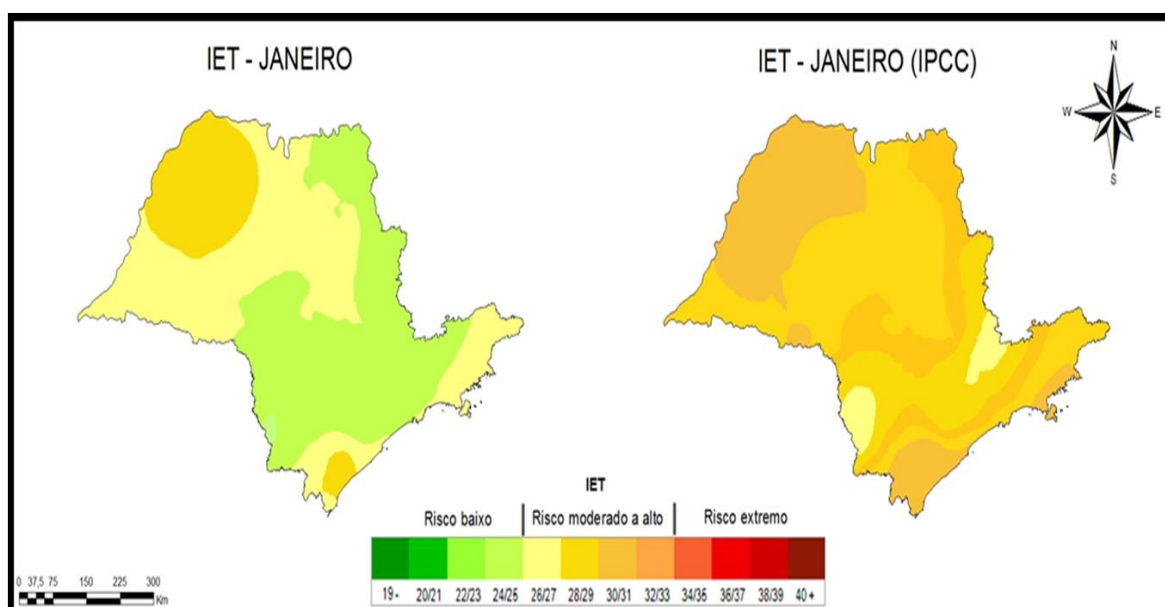
- Para níveis de IBUTG inferiores a 26°C, mesmo que durante a realização de trabalho pesado, os efeitos não causarão agravos à saúde do trabalhador;
- Descansos horários para o trabalhador, no caso de o IBUTG atingir 26°C, durante realização de trabalho pesado;
- Caso o trabalhador execute uma tarefa pesada durante 1 hora, em um ambiente com IBUTG igual a 31°C, a sua capacidade laboral será reduzida para 25%.

A Norma Regulamentadora (NR-15, Anexo Nº 3) é a legislação vigente no Brasil, com relação à exposição ocupacional à calor. A NR-15 utiliza como ferramenta de avaliação o IBUTG, o qual apresenta alta correlação com o IET, sendo ambos os valores equivalentes. Portanto, certas medidas de controle e mitigação dos possíveis impactos à saúde do trabalhador foram sugeridas de acordo com as diretrizes da Norma supracitada.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 6.1. MAPAS DE ESTRESSE TÉRMICO

#### 6.1.1 Janeiro



**Figura 9:** Mapas de Estresse Térmico (jan/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

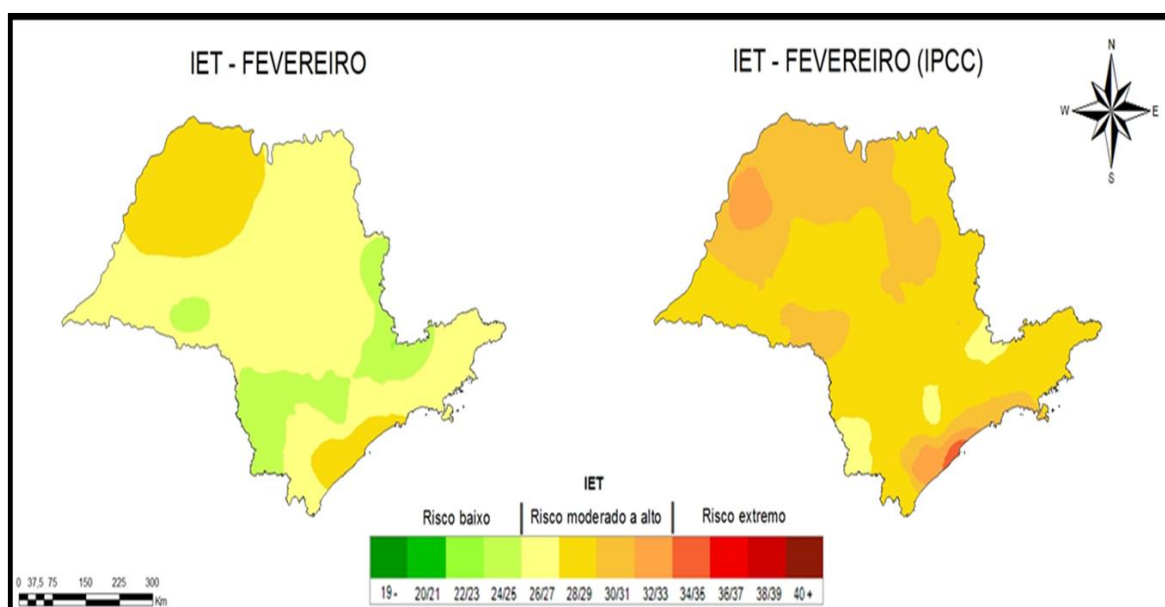
Os mapas apresentados indicam uma condição de estresse térmico alarmante em grande parte do Estado de São Paulo. Para a condição ambiental de janeiro de 2010, diversas regiões são enquadradas como sendo áreas de risco moderado a alto. Dentro dessa condição, destaca-se a região norte e noroeste, pois, como pode ser observado na Figura 2, são regiões com forte presença de cultura canavieira. Os valores observados de IET chegam a 29, o que segundo a Tabela 4 acarretaria na obrigatoriedade de pausas temporárias durante a jornada de trabalho, mais especificamente 15 minutos de trabalho e 45 minutos de descanso.

Para a condição de aquecimento global médio da ordem de 3°C, previsto pelo IPCC (2007), a situação de estresse térmico é, conforme o esperado, mais alarmante. Observa-se que todas as áreas do Estado de São Paulo passam a ser enquadradas como “Risco moderado a alto”. Segundo Hyatt et al. (2010), uma vez

que os valores de IBUTG atinjam 26°C, tem-se uma condição térmica considerada como de “Risco moderado a alto”, e isso faz com que seja recomendado descanso temporário para os trabalhadores, em casos que envolva trabalho pesado.

De acordo com a Tabela 4, nenhum trabalho pesado pode ser realizado em condição de IET acima de 30, se nenhuma medida de controle for adotada. O mapa gerado através das análises do IPCC aponta para uma condição crítica: os valores de IET chegam a 33 e, portanto, o trabalho não deveria ocorrer sem a implementação de medidas de controle, o que não ocorre na maioria dos canaviais brasileiros. Evidentemente, o sistema de pagamento por produção existente na cultura canvieira (ALVES, 2006), faz com que os trabalhadores não possam realizar essas pausas temporárias, para descanso e hidratação.

### 6.1.2 Fevereiro



**Figura 10:** Mapas de Estresse Térmico (fev/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

O mês de fevereiro apresentou diagnóstico preocupante. Para a condição de fevereiro de 2010, a situação mais crítica (“Risco moderado a alto”) está concentrada nas regiões norte, noroeste e sudeste. Tais regiões apresentaram valores de IET dentro do intervalo 28/29 o que, de acordo com a Tabela 4,

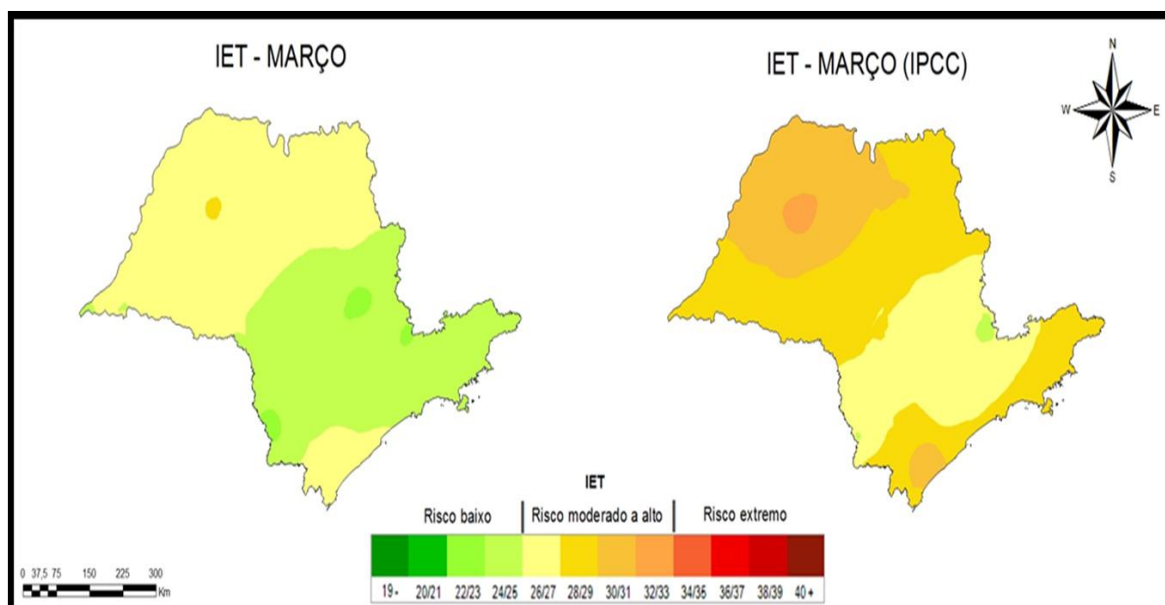


acarretaria na obrigatoriedade de pausas temporárias durante a jornada de trabalho, obedecendo à seguinte relação: 15 minutos de trabalho e 45 minutos de descanso, considerando que o descanso ocorrerá no mesmo ambiente em que a atividade pesada está ocorrendo.

Para a condição de aquecimento global médio da superfície terrestre de 3°C, tem-se um prognóstico extremamente preocupante, pois, praticamente todo o Estado de São Paulo entra em situação de “Risco Moderado a alto”. Nota-se que a região sudeste apresenta situação ainda mais grave, ou seja, “Risco extremo”.

Em fevereiro de 2010, na cidade de Santos, localizada dentro da área de “Risco extremo” mencionada, o intenso calor causou a morte de 32 pessoas, com idade entre 60 a 90 anos (FOLHA ONLINE, 2010). Embora os óbitos não sejam relacionados diretamente à atividade laboral, fica evidente que o mapa de estresse térmico criado está em sintonia com a realidade, podendo ser utilizado como base para políticas públicas e/ou privadas, visando aumentar a salubridade nos mais diversos ambientes laborais. Os valores observados de IET chegam ao intervalo 36/37, o que implica na não realização de nenhum tipo de atividade laboral, uma vez que medidas de controle não sejam aplicadas.

### 6.1.3 Março



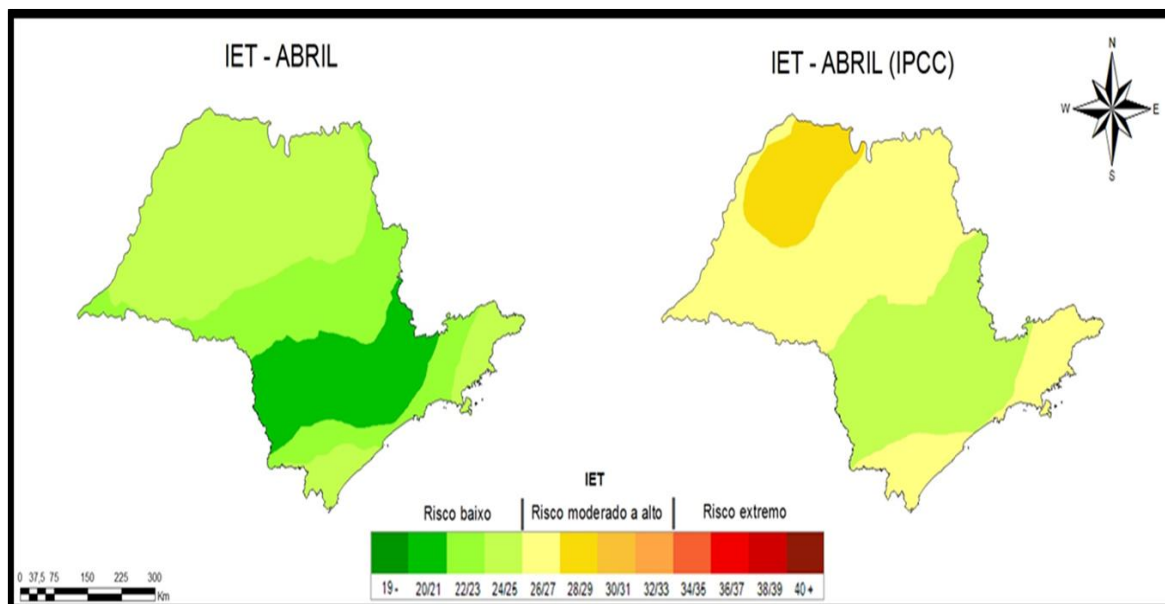
**Figura 11:** Mapas de Estresse Térmico (mar/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

O mapa de estresse térmico elaborado para o mês de março de 2010 divide o Estado de São Paulo em duas condições distintas: “Risco baixo” e “Risco moderado a alto”. Nas regiões que apresentarem condição térmica classificada como “Risco moderado a alto”, os trabalhadores ao realizar trabalho pesado, precisam de pausas para descanso temporárias, para que os agravos relacionados à exposição ao calor sejam evitados. Grande parte da porção norte do Estado apresentou valores de IET dentro do intervalo 26/27, sendo necessárias, segundo a Tabela 4, pausas temporárias para descanso, obedecendo a relação de 30 minutos de trabalho para 30 minutos de descanso, sendo este realizado no próprio local da atividade.

O segundo mapa criado, ou seja, o mapa que apresenta a projeção de estresse térmico para uma condição futura de aquecimento global indica uma situação mais crítica. Todas as áreas do Estado se enquadram na categoria de “Risco moderado a alto” ou “Risco extremo”. Isso pode gerar duas consequências imediatas: surgimento dos sintomas dos agravos relacionados à exposição indevida ao calor e queda do rendimento profissional. Além dos fatores já citados, ocorre que, de acordo com o exposto pela Tabela 4, qualquer atividade pesada não pode ser realizada em condição de IET superior a 30, caso nenhuma medida de controle seja implementada.

Vale ressaltar que, as regiões mais críticas coincidem com os locais de forte presença de cultura canieira do Estado de São Paulo, como apontado pela Figura 2.

#### 6.1.4 Abril (período de colheita)



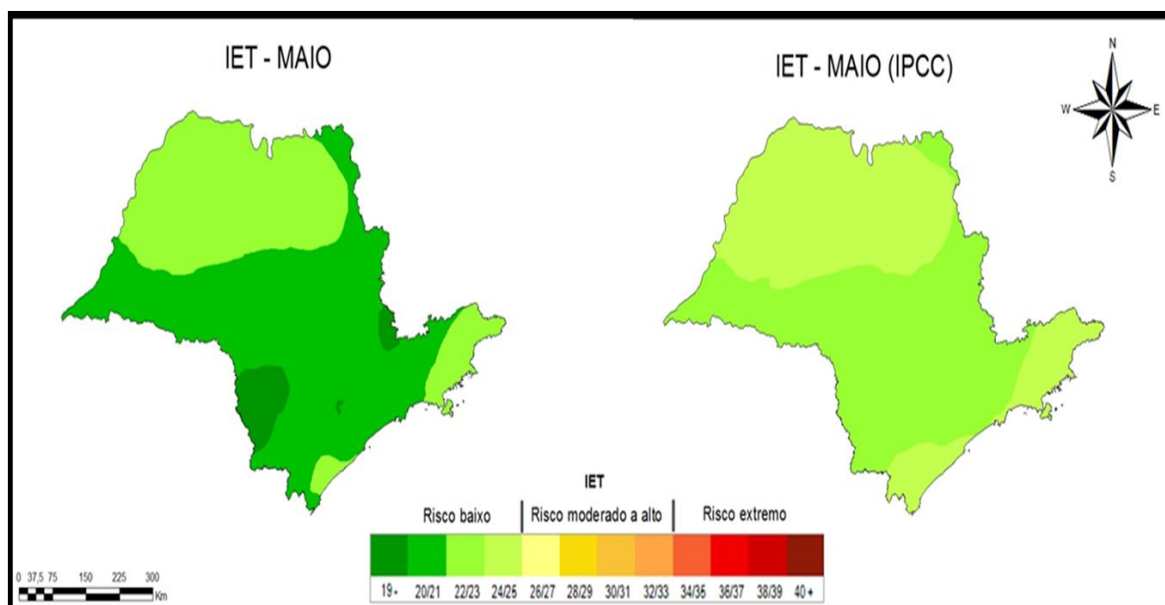
**Figura 12:** Mapas de Estresse Térmico (abr/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

O mês de abril inicia o período de colheita de cana e, para a situação de 2010, o mapa de estresse térmico não aponta regiões preocupantes, pois, todas as áreas indicam “Risco baixo” de estresse térmico. Os valores de IET atingem o intervalo 22/23. A Tabela 4 não impõe restrições para a realização de nenhum tipo de atividade laboral sob tais condições térmicas, inclusive as atividades pesadas.

A situação se transforma no caso de aquecimento global médio de 3°C previsto pelo IPCC, na qual surgem áreas do mapa que indicam “Risco moderado a alto”. Nestas regiões, observaram-se valores de IET dentro do intervalo 28/29, acarretando na obrigatoriedade de pausas temporárias durante a jornada de trabalho, de acordo com a seguinte relação: 15 minutos de trabalho e 45 minutos de descanso, de acordo com a Tabela 4.

Não foram identificadas regiões nas quais os trabalhadores fiquem expostos à “Risco extremo”.

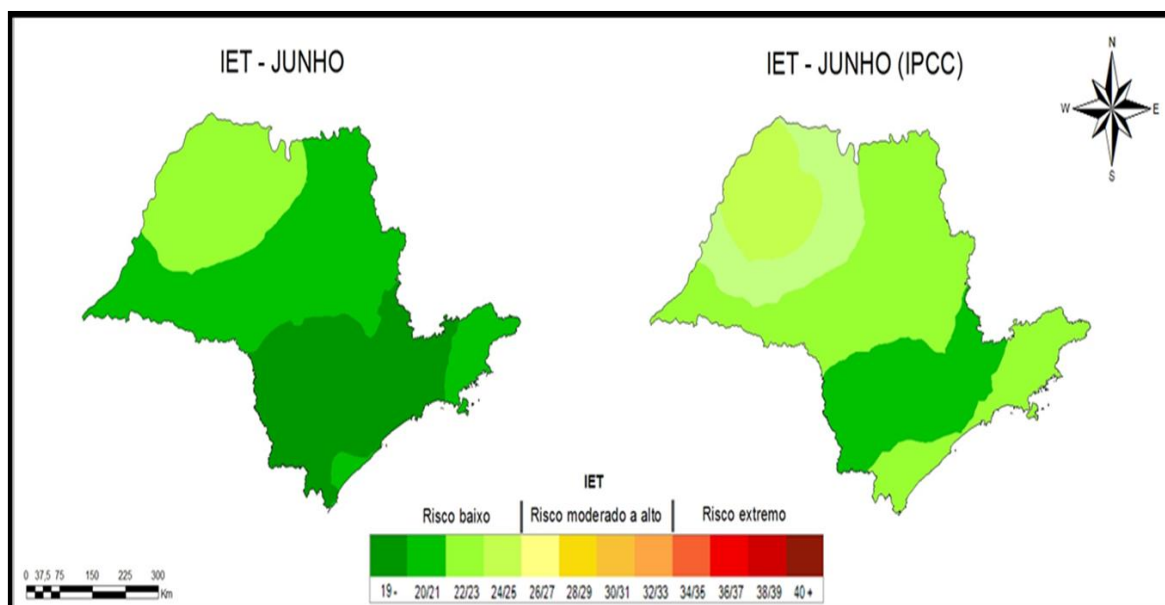
### 6.1.5 Maio (período de colheita)



**Figura 13:** Mapas de Estresse Térmico (mai/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

O mês de maio também se insere dentro do período de colheita de cana-de-açúcar e, tanto para o ano de 2010 quanto para o possível caso de aquecimento global de 3°C, projetado para o final do século 21, apresenta “Risco baixo” aos trabalhadores, sendo uma época do ano de menor preocupação, tendo em vista a condição de estresse térmico encontrada nos ambientes laborais. O valor máximo de IET encontrado ficou dentro do intervalo 24/25, situação que não encontra nenhum tipo de restrição dentro da Tabela 4.

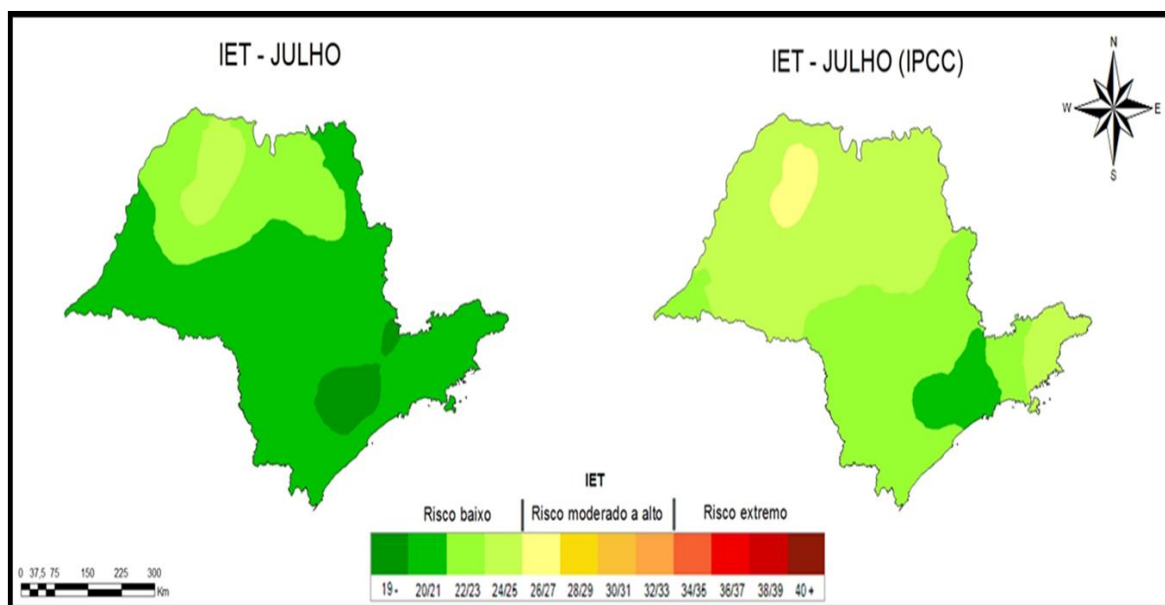
### 6.1.6 Junho (período de colheita)



**Figura 14:** Mapas de Estresse Térmico (jun/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

O mês de junho está dentro do período de colheita de cana e se comporta de modo semelhante ao mês de maio, ou seja, os valores máximos de IET ficam no intervalo 24/25, identificados para o caso de aquecimento global. A situação térmica de 2010 apresenta valores máximos para IET dentro do intervalo de 22/23, o que de acordo com a Tabela 4, não exige nenhum tipo de restrição à prática laboral, podendo ser realizada atividade contínua.

### 6.1.7 Julho (período de colheita)

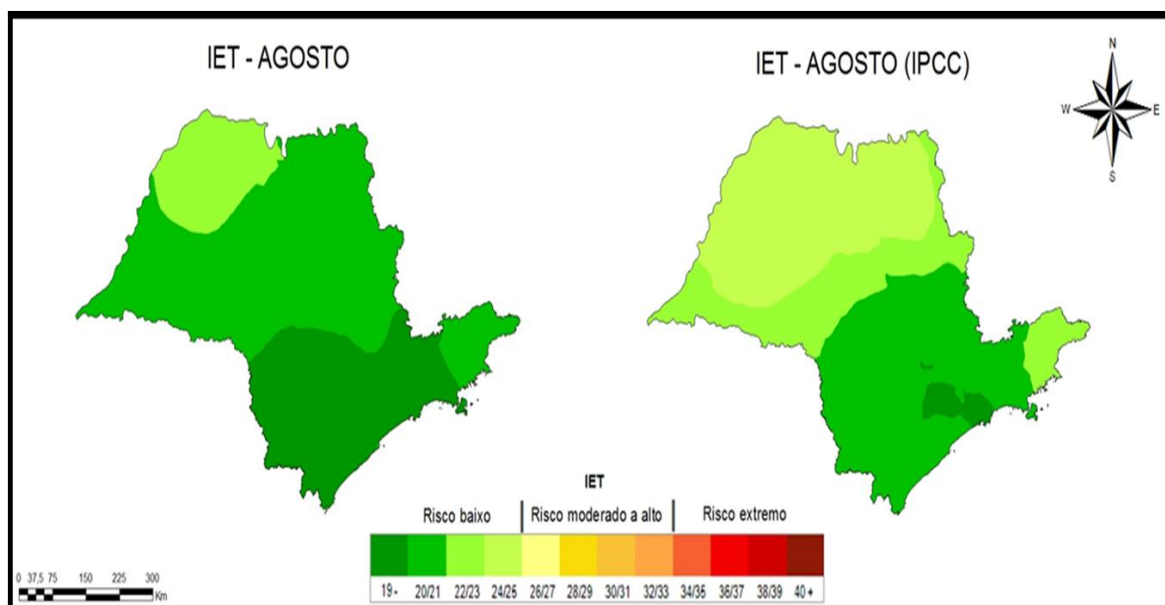


**Figura 15:** Mapas de Estresse Térmico (jul/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

O mês de julho se enquadra dentro do período de colheita e não indicou, para o ano de 2010, regiões com risco acima da categoria “Risco baixo”, portanto, é considerada como uma região de baixo risco ao trabalhador do ponto de vista de estresse térmico, com valores máximos de IET enquadrados no intervalo 24/25. Esse valor de IET não impõe nenhum tipo de restrição ao trabalhador, podendo realizar atividade laboral de forma contínua.

O mapa com a projeção do IET para o caso de aquecimento global apresenta grande parte da área do Estado dentro da categoria “Risco baixo”. Porém, há uma pequena região a noroeste indicando “Risco moderado a alto”, como pode ser verificado na Figura 15. Os máximos valores levantados são pertencentes ao intervalo 26/27, o que de acordo com a Tabela 4 demandaria uma pausa de 30 minutos após 30 minutos de atividade pesada realizada.

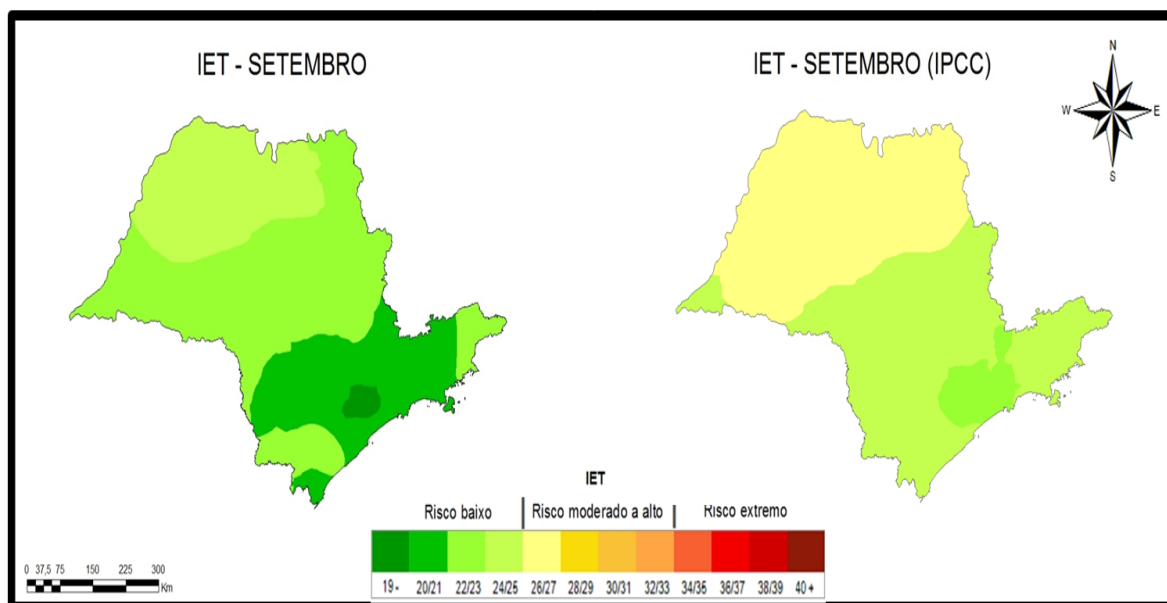
### 6.1.8 Agosto (período de colheita)



**Figura 16:** Mapas de Estresse Térmico (ago/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

O mês de agosto apresenta-se dentro do período de colheita e sua situação de estresse térmico foi enquadrada como de “Risco baixo” em todas as áreas do Estado de São Paulo, com valores máximos de IET dentro do intervalo 24/25, tanto para o ano de 2010 quanto para a projeção de aquecimento global prevista para o final do século 21. De acordo com a Tabela 4, para esses valores de IET, a jornada de trabalho não necessita de pausas temporárias.

### 6.1.9 Setembro (período de colheita)



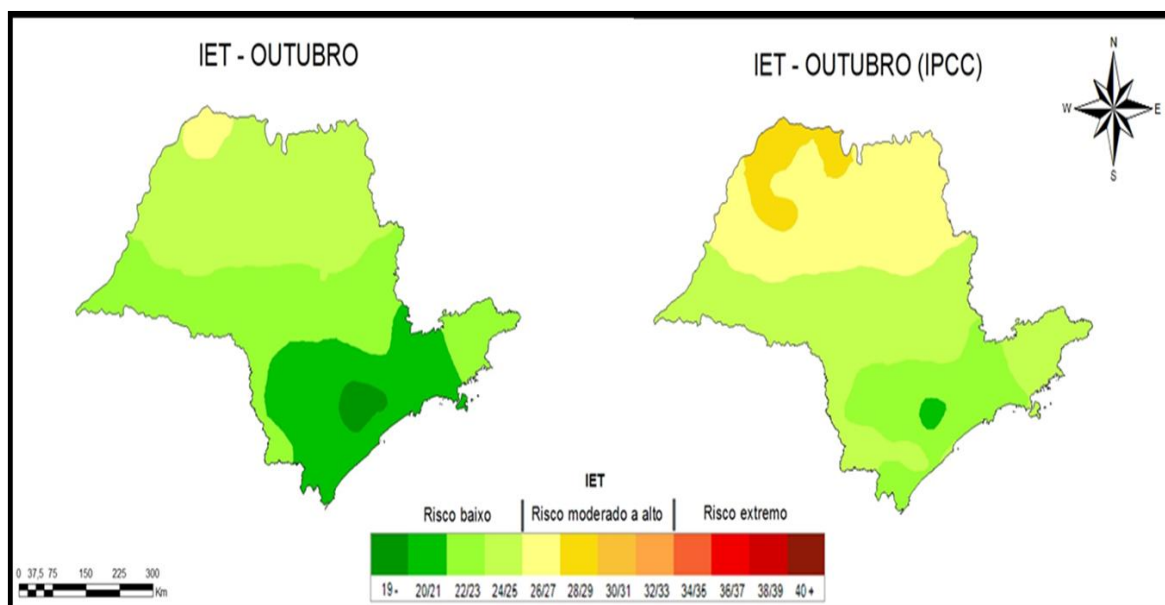
**Figura 17:** Mapas de Estresse Térmico (set/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

Com o distanciamento do inverno, a situação de estresse térmico vai gradativamente se agravando, como se pode observar na Figura 18. Para o primeiro caso exposto, ou seja, para o ano de 2010, o mapa não indica regiões alarmantes, sendo todas as áreas enquadradas como “Risco baixo”.

Com relação à condição térmica prevista para o final do século 21, em caso de aquecimento global, tem-se grande parte do Estado caracterizado como de “Risco moderado a alto”. Os valores de IET mais elevados se enquadram no intervalo 26/27, sendo necessárias, segundo a Tabela 4, pausas de 30 minutos a cada 30 minutos trabalhados, para o caso de atividade laboral pesada, como é o caso dos cortadores de cana.



### 6.1.10 Outubro (Período de Colheita)

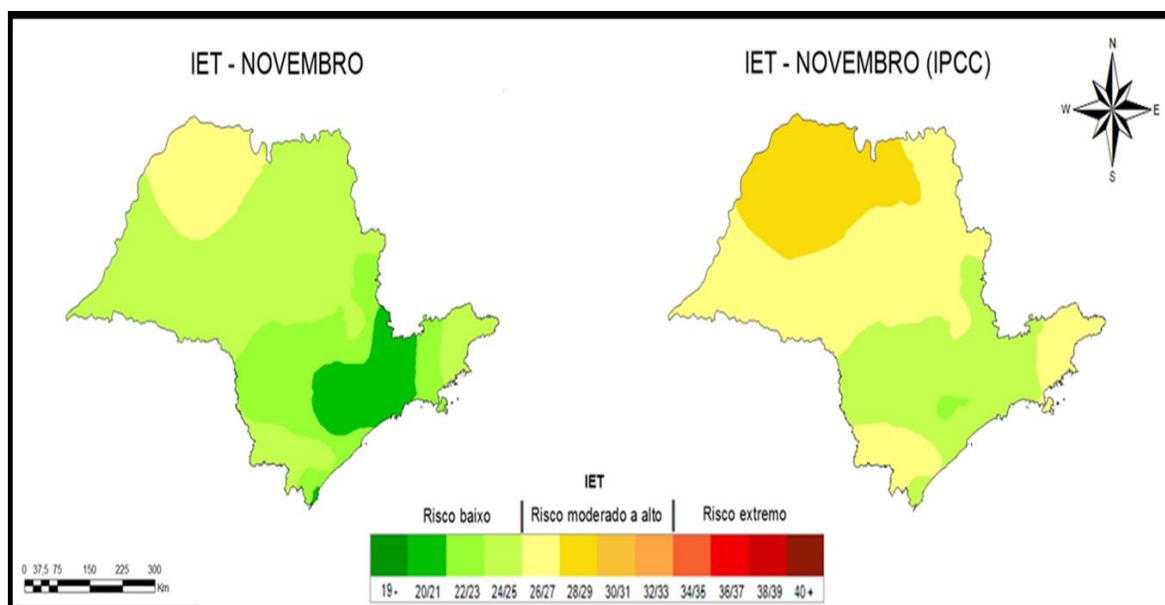


**Figura 18:** Mapas de Estresse Térmico (out/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

O mês de outubro é o último mês dentro do período de colheita da cana-de-açúcar. Para o ano de 2010, o mapa indica um quadro de predominância de “Risco baixo”, porém, existe uma região a noroeste do Estado que se enquadra na categoria “Risco moderado a alto”, com valores máximos de IET observados dentro do intervalo de 26/27. Sob tais condições, a Tabela 4 exige pausas para descanso de 30 minutos a cada 30 minutos trabalhados com atividade pesada.

Com relação ao mapa gerado a partir da projeção de aquecimento global médio prevista pelo IPCC, nota-se que praticamente toda a região norte dentro da categoria “Risco moderado a alto”, o que é preocupante, uma vez que grande parte da produção canavieira nacional se concentra nessa região. A mesma área chegou a apresentar valores de IET dentro do intervalo 28/29 o que, pela Tabela 4, estabelecerá uma relação de 15 minutos trabalhados para 45 minutos de descanso.

### 6.1.11 Novembro

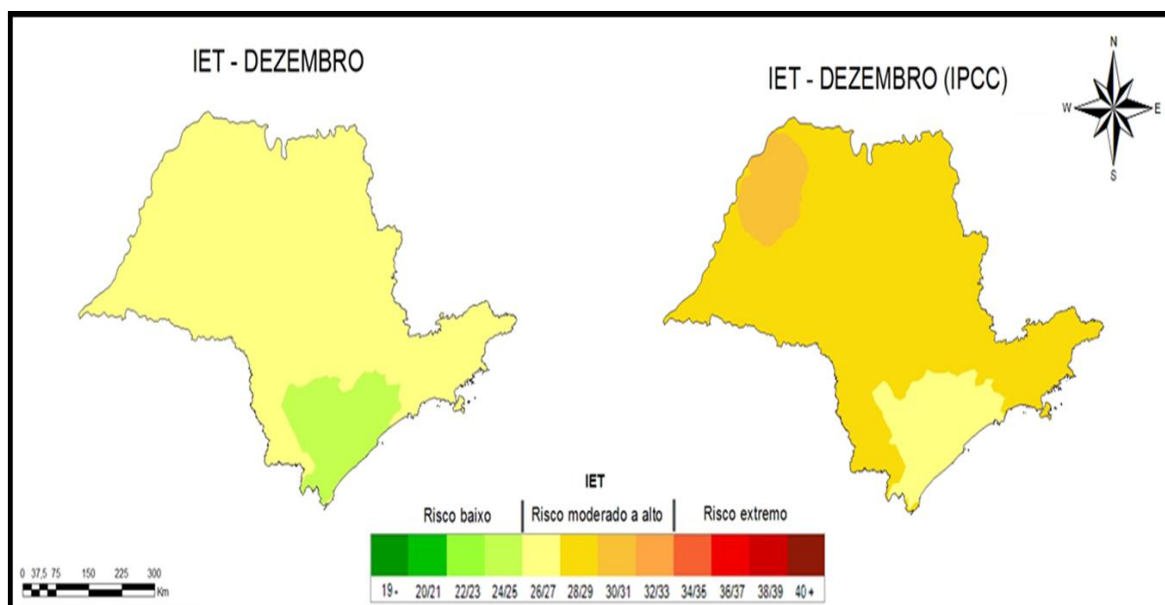


**Figura 19:** Mapas de Estresse Térmico (nov/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

Para o mês de novembro, destaca-se uma área de “Risco moderado a alto” a noroeste do Estado, situação semelhante à encontrada no mês de outubro, porém, com uma área de ocorrência ainda maior.

Com relação ao cenário previsto pelo IPCC, tem-se uma situação de “Risco moderado a alto” em grande parte do Estado. Os valores de IET mais elevados ficaram dentro do intervalo 28/29, de maneira similar ao ocorrido em outubro de 2010. De acordo com a Tabela 4, deve-se estabelecer uma relação de 15 minutos trabalhados para 45 minutos de descanso.

### 6.1.12 Dezembro



**Figura 20:** Mapas de Estresse Térmico (dez/2010 e previsão média de aquecimento global do IPCC).

Para o mês de dezembro de 2010, praticamente todo o Estado de São Paulo se enquadrou na categoria “Risco moderado a alto”, ou seja, apresentando valores de IET dentro do intervalo 26/27. Esses valores indicam a necessidade de pausas para descanso de 30 minutos a cada 30 minutos trabalhados com atividade pesada, de acordo com o estabelecido pela Tabela 4.

Com relação ao mapa gerado a partir da previsão do IPCC, tem-se uma situação de predominância de “Risco moderado a alto”, sendo que os valores encontrados variaram entre os intervalos 28/29 e 30/31. Para o intervalo 28/29, a Tabela 4 recomenda pausas para descanso de 45 minutos a cada 15 minutos de trabalho pesado. Já o intervalo de 30/31, de acordo com a tabela supracitada, exige a adoção de medidas de controle, caso contrário, nenhum tipo de atividade laboral pode ser realizado.

## 6.2. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os mapas apresentados acima nos permitem identificar áreas de risco

potencial com relação à exposição ao calor, onde se destacam as regiões norte e noroeste do estado. Dentro do período de colheita de cana considerado (abril a outubro), tem-se a ocorrência de áreas de “Risco moderado a alto”, atingindo valores de IET dentro do intervalo 28/29. Ao compararmos os valores de IET com a Tabela 4, nota-se que em alguns casos seria recomendada a ocorrência de pausas para descanso ao longo da jornada de trabalho dos cortadores. Uma vez que os cortadores são pagos por produção (ALVES, 2006), a prática de pausas periódicas não é bem aceita pelos mesmos, tendo em vista que precisam garantir o seu sustento e o de sua família.

Essa condição foi abordada em estudo feito por Ronquim (2010), o qual afirma que o trabalhador é movido, em face da nefasta organização do trabalho, pelo desejo de colher a maior quantidade de cana possível, utilizando todo o tempo disponível durante sua jornada de trabalho para a colheita da cana. Sendo assim, a organização da atividade, que enaltece a produtividade, impõe que o trabalhador não respeite horários de descanso e alimentação e exaure-se pelo esforço sem a necessária reposição hídrica e alimentar e sem o necessário repouso.

Magalhães e Silva (2008) corroboram a afirmação supracitada ao afirmar que o Ministério Público do Trabalho (MPT) investigou os motivos dos óbitos ocorridos em cortadores de cana e sua associação com o caráter exaustivo do corte manual, considerando esta rotina penosa e desumana. Segundo os autores, uma das irregularidades encontradas nas empresas investigadas pelo MPT, onde trabalhavam os cortadores que morreram, foi o não cumprimento do descanso de uma hora para o almoço. Os cortadores comem em no máximo vinte minutos, para voltar rapidamente às atividades de corte no canavial.

Observa-se que os meses mais críticos com relação à exposição ao calor e ao respectivo estresse térmico não foram os meses dentro do período da colheita de cana-de-açúcar, porém, ressalta-se que existem diversas outras profissões nas quais os trabalhadores realizam suas atividades em ambiente externo e com alto dispêndio metabólico. Dentre estas profissões, destacam-se carteiros, policiais, jardineiros, funcionários de prefeituras (varrição, pavimentação, manutenção de canteiros, etc.).

Ao analisar a influência das variáveis meteorológicas no estresse térmico sobre 14 casos de óbitos ocorridos em canaviais de São Paulo entre outubro de

2005 e maio de 2008, Bitencourt et al. (2012) afirma que 13 dos 14 casos observados ocorreram em dias em que a temperatura medida às 15h era igual ou superior ao maior valor de temperatura registrado no mesmo horário e dia durante o período de 1957 a 2008. O estudo ainda levantou os valores de umidade relativa registrados nos dias das ocorrências dos óbitos e identificaram-se apenas três casos em que a umidade relativa apresentava valores acima da média histórica. Sendo assim, nota-se que a maioria das mortes ocorreu em dias de umidade relativa baixa, situação que favorece a perda de calor por evaporação e a consequente diminuição da sobrecarga térmica. Em contrapartida, as vestimentas pesadas utilizadas pelos cortadores de cana prejudica significativamente este processo. Os autores também abordaram avaliações quantitativas de radiação incidente, concluindo que em cinco dos quatorze casos de óbitos, a radiação incidente atingiu ou ficou muito próxima do valor máximo da série histórica. Em outros três casos, a radiação observada no dia do óbito foi igual ou muito próxima da média climatológica. O estudo reforça a forte relação existente entre as variáveis climatológicas e os diversos casos de óbitos que ocorrem nos canaviais brasileiros.

Os mapas gerados podem fornecer suporte ações de utilidade pública, visando prevenir os agravos que o estresse térmico pode causar à saúde não apenas dos trabalhadores rurais, mas também de toda a população. O governo australiano, por exemplo, criou um guia no qual é apresentado os principais índices de avaliação de carga térmica, incluindo o IBUTG. Também é inserida a metodologia para o cálculo dos índices, juntamente a interpretação dos resultados (AUSTRALIAN GOVERNMENT, 2010). Ressalta-se, porém, a importância da validação do modelo apresentado no presente trabalho, através de levantamentos feitos em campo.

É importante mencionar que, a formulação do IET é baseada em três variáveis (TA, UR e RS). Para o cenário encontrado em 2010, todas as variáveis foram levantadas junto ao IAC e os índices foram determinados. Porém, para se determinar a projeção de aquecimento global ao final do século 21, aumentou-se a temperatura encontrada em 2010 em 3°C e, as demais variáveis (UR e RS), foram inalteradas. Esta aproximação provavelmente não representa com precisão a condição futura, pois, ao se aquecer a superfície terrestre, a taxa de evaporação será maior e, conseqüentemente, teremos alterações nas variáveis UR e RS. Porém, devido à grande dificuldade em se obter valores futuros para essas variáveis e,

seguindo metodologia já aplicada com sucesso no trabalho de Hyatt et al. (2010), acredita-se que os valores das projeções de IET apresentados no presente trabalho caracterizem, de forma fidedigna, a futura condição de estresse térmico.

Outra questão que deve ser avaliada com cuidado está relacionada à distribuição espacial das PCD's existentes no Estado de São Paulo. A Figura 8 nos permite identificar uma baixa densidade ou até ausência de PCD's na parte central do Estado. Sendo assim, os resultados apresentados para esta região devem ser interpretados de forma cautelosa, pois, o método da krigagem utilizado para a confecção dos mapas de estresse térmico faz a espacialização dos dados baseados nas PCD's inseridas no modelo. Dessa forma, quanto maior o número de estações na região estudada, maior será a precisão e a confiabilidade do mapa criado.

## 7. CONCLUSÕES

O Brasil é líder na produção e exportação da cana-de-açúcar e seus derivados. Essa liderança se faz possível através do trabalho árduo dos trabalhadores rurais, sendo assim, é fundamental que se conheça as condições do ambiente laboral no qual essas atividades estão ocorrendo.

O mapeamento de estresse térmico realizado pelo presente trabalho traz à tona uma das questões problemáticas dos nossos canaviais: diversas atividades laborais estão ocorrendo em condições de estresse térmico não recomendadas, ou até mesmo proibidas, pela legislação nacional vigente.

Os mapas indicam que as regiões do Estado de São Paulo mais críticas com relação ao estresse térmico, de uma maneira geral, são norte e noroeste, coincidindo com as regiões com maior adensamento de cultura canavieira no Estado. Para as projeções do IPCC para um aquecimento global médio da superfície terrestre de 3oC ao final do século 21, a situação é, conforme o esperado, ainda mais crítica: os meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março apresentam condições de estresse térmico que não recomendam, de acordo com a Tabela 4, a realização de qualquer tipo de atividade laboral, caso nenhuma medida de controle seja adotada.

É importante que o modelo utilizado no presente estudo, seja validado através de levantamentos em campo. Além disso, ressalta-se que a projeção do cenário futuro é apenas uma aproximação da realidade, uma vez que a condição de aquecimento global iria alterar as três variáveis do IET (TA, UR e RS), e não apenas a TA, como foi considerado no estudo.

Fica evidente que o IET pode ser utilizado de forma simples e funcional para se levantar a condição de estresse térmico nos mais diversos ambientes laborais. O mapeamento da distribuição espacial do IET é de grande valia para se diagnosticar e/ou projetar diversas situações de estresse térmico, sendo uma forte ferramenta para embasar e nortear ações que visem combater os mais diversos impactos que uma sobrecarga térmica pode acarretar na saúde dos trabalhadores rurais.

Muitas atividades laborais estão ocorrendo sob condições insalubres e os

canaviais brasileiros presenciaram diversos casos de óbitos (Alves, 2006). Mesmo que os mapas criados não apontem o período de colheita de cana (abril a outubro) como sendo os meses mais críticos com relação ao estresse térmico, é importante mencionar que outras atividades laborais ocorrem durante todos os meses do ano e, portanto, devem receber atenção especial.

Estes mapas criados podem representar um ponto de partida para futuras melhorias e indicar os caminhos mais eficientes para se combater a realização de atividades laborais em condições insalubres.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALESSI, N. P.; NAVARRO, V. L. Saúde e trabalho rural: o caso dos trabalhadores da cultura canavieira da região de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 111-121, 1997.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na Agricultura**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, v. 1, 1993.

ALMEIDA, R. D.; SANTOS, A. R.; LOUZADA, F. L. R. O; SANTOS, G. M. A. D. A. O uso de geotecnologias para o mapeamento da malária no município de Vitória - ES. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 5, n. 8, p. 59-69, Junho 2009.

ALVES, F. Por que morrem os cortadores de cana? **Saúde e Sociedade**, v. 15, n. 3, p. 90-98, Dezembro 2006.

AUSTRALIAN GOVERNMENT. Thermal Comfort Observations. **Bureau of Meteorology**, 2010. Disponível em: <[http://www.bom.gov.au/info/thermal\\_stress/](http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/)>. Acesso em: 24 Junho 2012.

BALSADI, O. V. O mercado de trabalho assalariado na cultura da cana-de-açúcar. **Com Ciência**, 2011. Disponível em: <<http://comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=23&id=260&tipo=1&print=true>>. Acesso em: 19 maio 2011.

BARCELLOS, C.; RAMALHO, W. Situação atual do geoprocessamento e da análise de dados espaciais em saúde no Brasil. **Informática Pública**, Belo Horizonte, v. 4, n. 2, p. 221-230, Junho 2002.

BITENCOURT, D. P.; RUAS, A. C.; MAIA, P. A. Análise da contribuição das variáveis meteorológicas no estresse térmico associada à morte de cortadores de cana-de-açúcar. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 28, n. 1, p. 65-74, Janeiro 2012.

BONDE, J. P. Semen quality in welders exposed to radiant heat. **British Journal of Industrial Medicine**, v. 49, n. 1, p. 5-10, Janeiro 1992.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 3214 de 8 de junho de

1978: Normas Regulamentadoras relativas à segurança e medicina do trabalho. NR 15 - Atividades e Operações Insalubres. In: **Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho**, 65. ed., São Paulo: Atlas, 2010. 50 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. FUNDACENTRO: Norma de Higiene Ocupacional. NHO 06 - Avaliação da exposição ao calor. 2002. p. 144-146.

BUDD, G. M. Wet-bulb globe temperature (WBGT) - its history and its limitations. **Journal of Science and Medicine in Sport**, v. 11, n. 1, p. 20-32, Janeiro 2008.

CALADO, R.; NOGUEIRA, P. J.; CATARINO, J.; PAIXÃO, E. J.; BOTELHO, J.; CARREIRA, M.; FALCÃO, J. M. A onda de calor de Agosto de 2003 e os seus efeitos sobre a mortalidade da população portuguesa. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, Lisboa, v. 22, n. 2, p. 7-20, Setembro 2004.

CANASAT. Mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da Terra. **CANASAT**, 2011a. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/tabelas.html>>. Acesso em: 27 Maio 2011.

CANASAT. Mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da Terra. **CANASAT**, 2011b. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/mapa.html>>. Acesso em: 16 Junho 2011.

CORTEZ, O. D. Heat stress assessment among workers in a Nicaraguan sugarcane farm. **Global Health Action**, v. 2, Novembro 2009.

CROWE, J.; JOODE, B. V. W. D.; WESSELING, C. A pilot field evaluation on heat stress in sugarcane workers in Costa Rica: What to do next? **Global Health Action**, v. 2, 11 novembro 2009. ISSN 1654-9880.

ESPARTA, A. R. J.; MOREIRA, J. R. **Principais Conclusões do Terceiro Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima**. IX Congresso Brasileiro de Energia. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2002.

ESTADO DE SÃO PAULO. Lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002: Dispõe sobre a eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar e dá providências correlatas, 2002.

FAO. Statistics - International Trade. **Food and Agricultural Organization of the United Nations**, 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org/economic/ess/ess->

publications/ess-yearbook/ess-yearbook2010/yearbook2010-trade/en/>. Acesso em: 15 novembro 2012.

FEARNSIDE, P. M. A vazante na Amazônia e o aquecimento global. **Ciência Hoje**, v. 39, n. 231, p. 76-78, Outubro 2006.

FERREIRA, A. B.; SANTOS, C. R.; BRITO, J. L. S.; ROSA, R. **Análise comparativa do uso e ocupação do solo na área de influência da Usina Hidrelétrica Capim Branco I a partir de técnicas de geoprocessamento**. XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia: [s.n.]. 2005. p. 2997-3004.

FERREIRA, M. E. T. Queimada e impacto socioambiental. **Cidadania & Meio Ambiente**, p. 7, Setembro 2006.

FIGA-TALAMANCA, I. et al. Fertility and semen quality of workers exposed to high temperatures in the ceramics industry. **Reproductive Toxicology**, v. 6, n. 6, p. 517-523, Novembro-Dezembro 1992.

FILHO, G. G.; HIJJAR, M. A. Aspectos Epidemiológicos da tuberculose. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, Brasília, v. 19, n. 1, 1993.

FOLHA ONLINE. Cotidiano. **Folha**, 2010. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u692155.shtml>>. Acesso em: 13 Maio 2012.

HYATT, O. M.; LEMKE, B.; KJELLSTROM, T. Regional maps of occupational heat exposure: past, present, and potential future. **Global Health Action**, v. 3, Dezembro 2010.

IAC. O Instituto. **Instituto Agrônomo de Campinas**, 2011. Disponível em: <<http://www.iac.br/>>. Acesso em: 19 Setembro 2011.

IBGE. Resultados do Censo 2010. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, 2010. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/prIETdencia/noticias/noticia\\_visualiza.php?id\\_noticia=1766](http://www.ibge.gov.br/home/prIETdencia/noticias/noticia_visualiza.php?id_noticia=1766)>. Acesso em: 26 Maio 2011.

IBGE. **Estatística da Produção Agrícola: Marco de 2012**. [S.l.]. 2012a.

IBGE. **Estatística da Produção Agrícola: Outubro de 2012**. [S.l.]. 2012b.

INPE. Centro de Ciência do Sistema Terrestre. **Mudanças Climáticas**, 2011. Disponível em: <<http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 01 Junho

2011.

IPCC. **Climate Change 2007: SynthIETs Report**. Intergovernmental Panel on Climate Change. Valência, p. 73. 2007.

IPCC. Fifth Assessment Report. **Intergovernmental Panel on Climate Change**, 2011. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/>>. Acesso em: 30 Maio 2011.

JAKOB, A. A. E. **A Krigagem como Método de Análise de Dados Demográficos**. XIII Encontro da Associação Brasileira de Estudos Populacionais. Ouro Preto: [s.n.]. 2002.

JENDRITZKY, G.; TINZ, B. The thermal environment of the human being on the global scale. **Global Health Action**, v. 2, Novembro 2009.

KEIM, S. M.; GUISTO, J. A.; JUNIOR, J. B. S. Environmental Thermal Stress. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, v. 9, n. 1, p. 15p., Novembro 2002.

KJELLSTROM, T.; KOVATS, R. S.; LLOYD, S. J.; HOLT, T.; TOL, R. S. J. The Direct Impact of Climate Change on Regional Labor Productivity. **Archives of Environmental & Occupational Health**, v. 64, n. 4, p. 217-227, 2009a.

KJELLSTROM, T.; GABRYSCH, S.; LEMKE, B.; DEAR, K. The 'Hothaps' programme for assessing climate change impacts on occupational health and productivity: an invitation to carry out field studies. **Global Health Action**, v. 2, Novembro 2009b.

KJELLSTROM, T.; HOLMER, I.; LEMKE, B. Workplace heat stress, health and productivity - an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. **Global Health Action**, v. 2, Novembro 2009c.

LIMA, A.; SHIMABUKURO, Y. E.; ADAMI, M.; FREITAS, R. M.; ARAGÃO, L. E.; FORMAGGIO, A. R.; LOMBARDI, R. **Mapeamento de cicatrizes de queimadas na amazônia brasileira a partir da aplicação do modelo linear de mistura espectral em imagens do sensor MODIS**. XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Natal: [s.n.]. 2009. p. 5925-5932.

LIN, R.-T.; CHAN, C.-C. Effects of heat on workers' health and productivity in Taiwan. **Globa Health Action**, v. 2, Novembro 2009.

MAGALHÃES, M.; SILVA, J. Enviados especiais ao interior de SP. **Folha de São Paulo**, São Paulo, Agosto 2008.

MARCHIORI, L. F. S. **Influência da época de plantio e corte na produtividade da cana-de-açúcar**. 2004. 273 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

MARENCO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 83-96, Maio-Agosto 2008.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, P. E. A. Produção Brasileira de Cana-de-Açúcar. **Ministério da Agricultura**, 2010. Disponível em: <[http://www.agricultura.gov.br/arq\\_editor/file/Desenvolvimento\\_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/atualizacao\\_20\\_01\\_2011/Producao\\_Cana\\_Acucar\\_Brasil.pdf](http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/estatisticas/producao/atualizacao_20_01_2011/Producao_Cana_Acucar_Brasil.pdf)>.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Atividade Insalubre e Perigosa. **Portal do Trabalho e Emprego**, 2012. Disponível em: <[http://www.mte.gov.br/ouvidoria/duvidas\\_trabalhistas.asp](http://www.mte.gov.br/ouvidoria/duvidas_trabalhistas.asp)>. Acesso em: 05 Dezembro 2012.

MORAES, M. A. F. D. D. Indicadores do Mercado de Trabalho do Sistema Agroindustrial da Cana-de-Açúcar do Brasil no Período 1992-2005. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 37, n. 4, p. 875-902, Outubro-Dezembro 2007.

MORAES, E. C.; PEREIRA, G.; CARDOZO, F. S.; KRIEGER, G. P.; PRADO, B.R. Estimativa da emissão de gases traços e aerossóis para áreas de cana-de-açúcar submetidas a queima e seus impactos no albedo. In: Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa - MG. **Anais...**, 2009.

MORAN, D. S.; PANDOLF, K. B.; SHAPIRO, Y.; HELED, Y.; SHANI, Y.; MATHEW, W. T.; GONZALEZ, R. R. An environmental stress index (IET) as a substitute for the wet bulb globe temperature (WBGT). **Journal of Thermal Biology**, v. 26, n. 4-5, p. 427-431, Agosto 2001.

NATIONAL HEART, LUNG, AND BLOOD INSTITUTE. **Raynaud's Disease**. 2012. Acesso em 06 de Dezembro de 2012, disponível em MedlinePlus: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/raynaudsdisese.html>.

NIOSH. Workplace safety and Health Topics. **Centers for Disease Control and Prevention**, 2011. Disponível em: <<http://www.cdc.gov/niosh/topics/heat>>

stress/>. Acesso em: 26 maio 2011.

NOBRE, C. A. O Aquecimento Global e o Papel do Brasil. **Ciência Hoje**, Rio de Janeiro, v. 36, n. 211, p. 38-40, Dezembro 2004.

OLIVEIRA, L.; BARROCAS, R. Vantagens e Desvantagens na queimada da cana, no Estado de São Paulo, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, 2003.

PAIXÃO, E. D. J.; NOGUEIRA, P. J. Efeitos de uma onda de calor na mortalidade. **Revista Portuguesa de Saúde Pública**, v. 21, n. 1, p. 41-54, Janeiro-Junho 2003.

PARSONS, K. **Human thermal environmental. The effects of hot, moderate and cold temperatures on human health, comfort and performance.** 2a edição. ed. Nova York: CRC Press, 2003.

PARSONS, K. Maintaining health, comfort and productivity in heat waves. **Global Health Action**, v. 2, Novembro 2009.

PEREIRA, G. et al. Análise das áreas queimadas e das emissões dos gases do efeito estufa no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro - Santa Catarina. **Geosul**, Florianópolis, v. 24, n. 47, p. 113-130, Janeiro-Junho 2009.

PINTO, F. A. D. N. Noise Mapping od densely populated neighborhoods - example of Copacabana, Rio de Janeiro - Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 155, n. 4, p. 309-318, Junho 2008.

RIBEIRO, H.; FICARELLI, T. R. D. A. Queimadas nos canaviais e perspectivas dos cortadores de cana-de-açúcar em Macatuba, São Paulo. **Revista Saúde e Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 48-63, 2010.

RICKETTS, T. C. Geographic Information System and Public Health. **Annual Review of Public Health**, v. 24, p. 1-6, Maio 2003.

ROSSI, M.; OLIVEIRA, J. B. O mapa pedológico do Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 21-23, 2000.

RONQUIM, C. C. **Queimada na colheita de cana-de-açúcar: impactos ambientais, sociais e econômicos.** Campinas: Embrapa, 2010.

RUDORFF, B. F. T.; BERKA, L. M. S.; MOREIRA, M. A.; DUARTE, V.; XAVIER, A. C.; ROSA, V. G. C.; SHIMABUKURO, Y. E. Imagens de satélite no

mapeamento e estimativa de área de cana-de-açúcar em São Paulo. **Agric. São Paulo**, São Paulo, v. 52, n. 1, p. 21-39, Janeiro-Junho 2005.

RUDORFF, B. F. T.; SUGAWARA, L. M. Mapeamento da cana-de-açúcar na Região Centro-Sul via imagens de satélites. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 241, p. 79-86, Novembro-Dezembro 2007.

SANTOS, C. B. et al. Utilização de um Sistema de Informação Geográfica para descrição dos casos de tuberculose. **Revista Brasileira de Pneumologia Sanitária**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p. 5-10, Março 2004.

SCHENKER, M. B.; ORENSTEIN, M. R.; SAMUELS, S. J. Use of protective equipment among California farmers. **American Journal of Industrial Medicine**, v. 42, n. 5, p. 455-464, Novembro 2002.

SILVA, J. M. D.; SILVA, E. N.; FARIA, H. P.; PINHEIRO, T. M. M. Agrotóxico e trabalho: uma combinação perigosa para a saúde do trabalhador rural. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 10, n. 4, p. 891-903, Outubro-Dezembro 2005.

Silva, B. B.; Lopes, G. M.; Azevedo, P. V. Determinação do albedo de áreas irrigadas com base em imagens LANDSAT5 – TM. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v.13, p.201-211, 2005a.

SYDOW, E.; MENDONÇA, M. L.; MELO, M. **Direitos Humanos e a Indústria da Cana**. Rede Social de Justiça e Direitos Humanos. São Paulo, p. 37 p. 2008.

THONNEAU, P. et al. Occupational heat exposure and male fertility: a review. **Human Reproduction**, v. 13, n. 8, p. 2122-2125, Agosto 1998.

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 1, 2008.

UNICA. Dados e Cotações - Estatística. **União da indústria de cana-de-açúcar**, 2008. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 25 maio 2011.

WILLETTA, K. M.; SHERWOOD, S. Exceedance of heat index thresholds for 15 regions under a warming climate using the wet-bulb globe temperature. **International Journal of Climatology**, v. 30, n. 13, Dezembro 2010.

## 9. ANEXO

**Tabela 1:** Identificação e localização das 72 (setenta e duas) PCD's envolvidas no projeto.

<b>Estação</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (metros)</b>
Adamantina	21°40'05,70"	51°08'40,93"	402
Amparo	22°45'50,57"	46°42'58,91"	1.006
Araçatuba	21°11'58,31"	50°25'53,81"	397
Assis	22°37'03,82"	50°22'37,08"	551
Atibaia	23°04'59,53"	46°33'35,44"	897
Auriflama	20°41'12,50"	50°34'07,50"	463
Bom Jesus dos Perdões	23°07'52,44"	46°27'00,40"	812
Bragança	22°56'58,67"	46°31'29,31"	874
Cajuru	21°16'41,04"	47°17'06,05"	801
Campinas	22°52'02,79"	47°04'22,49"	667
Cananéia	25°01'12,65"	47°55'30,00"	2
Cândido Mota	22°44'02,61"	50°23'28,58"	489
Caraguatatuba	23°38'40,30"	45°26'02,80"	2
Colina	20°44'03,59"	48°34'20,11"	573
Descalvado	21°54'25,60"	47°35'16,50"	662
Dracena	21°26'59,12"	51°34'54,59"	369
Fernandópolis	20°17'45,60"	50°17'01,85"	519
Indaiatuba	23°05'34,88"	47°13'51,36"	595
Ipaussu	23°03'08,52"	49°36'48,85"	590
Itaberá	23°51'51,58"	49°06'21,58"	696
Itapetininga	23°40'47,20"	48°00'57,47"	639
Itararé	24°16'30,89"	49°10'01,53"	1143
Itariri	24°18'28,95"	47°08'51,60"	81
Itatiba	23°00'03,42"	46°49'53,45"	770
Jacupiranga	24°41'50,44"	48°00'12,14"	44
Jaguariúna	22°40'10,61"	46°58'39,27"	574
Jales	20°17'41,38"	50°31'41,15"	443
Jundiaí	23°06'43,46"	46°55'55,35"	725
Jundiaí – ETEC	23°11'32,11"	46°56'46,49"	789



<b>Estação</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (metros)</b>
Juquiá	24°19'50,30"	47°38'02,30"	17
Juquitiba	23°55'47,70"	47°04'22,00"	690
Limeira	22°27'32,81"	47°24'26,12"	712
Mandurí	23°03'45,04"	49°20'38,50"	595
Marília	22°14'41,60"	49°58'36,63"	641
Miracatu	24°16'48,29"	47°27'04,19"	57
Mirassol	20°49'18,22"	49°26'56,41"	546
Mococa	21°26'44,40"	46°59'11,30"	662
Monte Alegre do Sul	22°41'35,50"	46°40'23,23"	782
Monte Aprazível	20°45'41,27"	49°42'56,45"	484
Monte Azul Paulista	20°54'23,73"	48°39'09,37"	592
Nova Odessa	22°46'15,95"	47°18'13,62"	555
Palmital	22°49'12,02"	50°18'10,17"	402
Paranapanema	23°31'31,57"	48°49'12,83"	700
Pariquera – Açú	24°36'39,30"	47°53'00,51"	43
Paulo de Faria	20°02'12,39"	49°24'45,08"	486
Peruíbe	24°16'04,00"	46°56'36,80"	14
Pindorama	21°13'43,73"	48°53'35,42"	539
Piracaia	23°03'37,37"	46°21'26,62"	933
Piraju	23°13'07,63"	49°22'26,25"	687
Presidente Prudente	21°11'34,35"	51°23'11,11"	448
Registro	24°30'19,03"	47°50'00,27"	25
Ribeira	24°38'25,20"	49°00'08,60"	188
Ribeirão Preto	21°12'25,35"	47°52'17,09"	632
Santa Fé do Sul	20°11'14,29"	50°55'09,06"	412
Santos	23°55'52,63"	46°20'43,00"	23
São João da Boa Vista	21,57'59,54"	46°46'29,18"	776
São José do Rio Pardo	21°39'40,30"	46°55'11,00"	761
São José do Rio Preto	20°51'11,60"	49°19'27,70"	508
São Lourenço da Serra	23°51'27,97"	46°57'24,41"	713
São Sebastião	23°46'59,80"	45°37'13,72"	6
São Simão	21°27'08,20"	47°35'18,80"	599
Sarutaiá	23°15'12,30"	49°31'32,50"	842

<b>Estação</b>	<b>Latitude</b>	<b>Longitude</b>	<b>Altitude (metros)</b>
Sertãozinho	21°09'33,50"	48°05'31,10"	524
Sumaré	22°50'51,50"	47°16'06,79"	560
Tapiraí	23°57'24,07"	47°30'06,92"	860
Taquarituba	23°31'06,12"	49°12'08,52"	640
Tupi Paulista	23°25'00,23"	45°06'51,94"	20
Ubatuba	21°03'13,10"	50°50'52,20"	411
Valparaíso	22°55'21,44"	46°25'15,99"	850
Vargem	21°48'36,31"	47°01'20,80"	702
Vargem Grande do Sul	20°27'26,34"	50°03'55,68"	470
Votuporanga	24°23'20,40"	47°55'43,11"	27

**Fonte:** IAC (2011).