

## **ESTIMATIVAS DE FLAMABILIDADE DA VEGETAÇÃO**

### **RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)**

Marcos Felipe Oliveira de Carvalho (FATEA, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: marcos.carvalho@inpe.br

Dr. Manoel Cardoso (GSBA/CCST/INPE, Orientador)  
E-mail: manael.cardoso@inpe.br

#### **COLABORADOR**

Dr. Rodrigo de Matos Oliveira (LAS/INPE)

Julho de 2013

## **ESTIMATIVAS DE FLAMABILIDADE DA VEGETAÇÃO**

### **RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)**

Marcos Felipe Oliveira de Carvalho (FATEA, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: marcos.carvalho@inpe.br

Dr. Manoel Cardoso (GSBA/CCST/INPE, Orientador)  
E-mail: manael.cardoso@inpe.br

#### **COLABORADOR**

Dr. Rodrigo de Matos Oliveira (LAS/INPE)

Julho de 2013

## RESUMO

A propensão de a vegetação queimar é uma variável importante para vários estudos e descrições dos biomas continentais, sobretudo em áreas de preservação ambiental. Como o fogo é um forte distúrbio, sua ocorrência pode ter impactos importantes para as condições atuais e futuras de superfícies vegetadas. Desta forma, o desenvolvimento de métodos capazes de estimar o grau de flamabilidade tem amplo interesse em pesquisas sobre a dinâmica da vegetação e suas relações com outras componentes dos ecossistemas terrestres. Para contribuir nestes tópicos, idealizamos um projeto composto por duas componentes principais. Na primeira componente, mais teórica, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para conhecimento de metodologias existentes. Este levantamento identificou estudos que foram organizados principalmente em três grupos, de acordo com o método utilizado: (i) sensoriamento remoto, com metodologias que utilizaram imagens de satélites e índices de vegetação; (ii) medição direta no local, através de sensores de umidade; e (iii) métodos destrutivos, onde é necessário a coleta de tecido vegetal para posterior análise em laboratório. Esses estudos foram mapeados e organizados em um banco de dados que servirá para comparações com os resultados deste projeto e outras pesquisas futuras. Com base nesta pesquisa bibliográfica, planejamos a segunda componente deste projeto, onde apresentamos um novo método que visa relacionar a flamabilidade da vegetação a outras variáveis ambientais relevantes, através de medidas indiretas da umidade do tecido vegetal, em ambiente de laboratório para permitir maior controle de grandezas como a umidade atmosférica e do solo. Para isso, foi criado um microambiente dentro de uma câmara climática, onde foram amostradas a umidade relativa (UR) e a temperatura (T) do ar com e sem a presença de plantas, e a umidade de seu solo, através de sensores comerciais e desenvolvidos pelo LAS/INPE. Os resultados desta componente experimental indicam que o método aqui apresentado é útil para a realização de estimativas de flamabilidade utilizando medidas indiretas da umidade da vegetação, sem a destruição do tecido vegetal. As condições exploradas mostraram que as plantas tiveram o efeito de aumentar a UR da

câmara climática, principalmente em condições iniciais de baixa umidade atmosférica. Quando a atmosfera da câmara deixou de ser controlada, a variação (aumento) da UR com o tempo foi maior na presença das plantas. Em todos os casos, o peso do conjunto vaso-planta diminuiu após as medidas, apoiando a hipótese de que a UR se elevou devido à evapotranspiração das plantas no interior da câmara. No futuro, pretendemos aumentar o número de medições com o objetivo de avaliar outros aspectos da inflamabilidade da vegetação, principalmente em relação à sua dinâmica em função de variações na umidade do solo.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Montagem do experimento. ....	11
Figura 2 - Disposição dos Sensores Comerciais de Umidade do Ar nos vasos dentro da câmara climática. ....	12
Figura 3 - Gráfico da quantidade de trabalhos levantados por metodologia e região. ....	13
Figura 4 - Mapa de distribuição global dos trabalhos levantados. ....	14
Figura 5 - Mapa de distribuição dos trabalhos realizados nos Estados Unidos. ....	15
Figura 6 - Mapa de distribuição dos trabalhos realizados na América do Sul. ....	15
Figura 7 - Mapa de distribuição dos trabalhos realizados na Europa. ....	16
Figura 8 - Mapa de localização dos Trabalhos realizados na (a) África e na (b) Malásia. ..	16
Figura 9 - Gráficos de umidade relativa do ar (UR) no interior da câmara climática (CC) medida pelo sensor comercial 1 (SC1). ....	20
Figura 10 - Gráficos de umidade relativa do ar (UR) no interior da câmara climática (CC) medida pelo sensor comercial 2 (SC2). ....	21
Figura 11 - Gráficos de umidade relativa do ar (UR) no interior da câmara climática (CC) medida pelo sensor comercial 3 (SC3). ....	22
Figura 12 – Gráficos do sensor comercial 1 (SC1) exibindo apenas as medidas realizadas nos tempos finais dos experimentos, após a câmara climática (CC) ter sido desligada. ....	23
Figura 13 - Gráficos do sensor comercial 2 (SC2) exibindo apenas as medidas realizadas nos tempos finais dos experimentos, após a câmara climática (CC) ter sido desligada. ....	24
Figura 14 - Gráficos do sensor comercial 3 (SC3) exibindo apenas as medidas realizadas nos tempos finais dos experimentos, após a câmara climática (CC) ter sido desligada. ....	25

## SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2 – METODOLOGIA</b> .....	8
<b>2.1 – LEVANTAMENTO DE DADOS EXISTENTES</b> .....	8
<b>2.2 – MEDIDAS EM LABORATÓRIO</b> .....	9
<b>3 – RESULTADOS</b> .....	12
<b>3.1- LEVANTAMENTO DE DADOS EXISTENTES</b> .....	12
<b>3.2- MEDIDAS EM LABORATÓRIO</b> .....	17
<b>4 – CONCLUSÕES</b> .....	26
<b>5 – REFERÊNCIAS</b> .....	30
<b>APÊNDICE A</b> .....	34

## 1 – INTRODUÇÃO

Incêndios florestais são um dos principais distúrbios aos ecossistemas terrestres (BOWMAN et al, 2009). Seus agravos incluem destruição da cobertura vegetal, alteração das características do solo, perdas na fauna regional e mudanças no microclima local (OLIVEIRA, 2002). Além de causas naturais, como longos períodos de seca e raios, a ocorrência do fogo na vegetação também está associada com a atividade humana, principalmente ao uso da terra através do desflorestamento, preparação do terreno para pastagens e da limpeza para a agricultura (COCHRANE, 2003).

As condições ambientais contribuem de forma bastante expressiva com a ocorrência de incêndios, criando meios para que o fogo se propague após a ignição inicial. Dentro destes fatores ambientais, podemos citar a umidade da vegetação, como o principal fator determinante da flamabilidade do material combustível, estando diretamente relacionada com a temperatura (T) e umidade relativa do ar (UR) (ALVES, 2009). Desta forma, determinar a umidade da vegetação é uma maneira de se estimar o risco de propagação do fogo de uma determinada área, e o desenvolvimento de métodos capazes de estimar o grau de flamabilidade tem amplo interesse em pesquisas sobre a dinâmica da vegetação e suas relações com outras componentes dos ecossistemas terrestres.

Para contribuir nestes tópicos, idealizamos um projeto composto por duas componentes principais. Na primeira componente, mais teórica, foi realizada uma pesquisa bibliográfica para conhecimento de metodologias existentes. Este levantamento identificou diferentes tipos de métodos utilizados com esta finalidade, dependendo do tamanho da área estudada, do tempo para obter os resultados, e dos meios disponíveis para realizar a avaliação do risco. Segundo as avaliações deste projeto, alguns métodos são diretos, coletando amostras do material combustível, como folhas, galhos, serapilheira, e determinando sua umidade através da medição do peso úmido e do peso seco da amostra (AGEE et al, 2002; BILGILI e SAGLAM, 2003; CASTRO et al, 2003; FERNANDES, 2001; GILLON et al, 2004;

HERMANSSON et al 2011; JOLLY et al, 2012; JOLLY e HADLOW, 2012; STEUER et al, 2010; TANSKANEN et al 2006). Outros métodos de estimativa da flamabilidade são indiretos, utilizando índices de vegetação calculados por sensoriamento remoto (DASGUPTA et al, 2006; DASGUPTA et al, 2007; CHUVIECO et al, 2010; DENNISON et al, 2005; NIETO et al, 2010; NOVAIS et al, 2011; ONIGEMO, 2007; PENG et al, 2007; PINOL et al, 1998; VERBESSELT et al, 2007), ou dados climáticos e pluviométricos medidos em estações meteorológicas (ALVES e NOBREGA, 2011; NARCISO et al, 2009; NUNES et al, 2005; OLIVEIRA, 2002; PERRY et al, 2004; SCHROEDER et al; SISMANOGLU e SETZER). Alguns métodos, ainda, realizam medições no próprio local, utilizando sensores portáteis de umidade relativa (ALVES et al, 2009; AZEVEDO e FUNARI; BLATE, 2005; RAY et al, 2005; SAMPAIO et al, 2010; UHL e KAUFFMAN, 1990).

Com base nesta pesquisa bibliográfica, planejamos a segunda componente deste projeto, onde apresentamos um novo método que visa relacionar a flamabilidade da vegetação a outras variáveis ambientais relevantes, através de medidas indiretas da umidade do tecido vegetal, em ambiente de laboratório para permitir maior controle de grandezas como a umidade atmosférica e do solo. Nesta componente, as atividades incluíram principalmente a obtenção de estimativas de flamabilidade da vegetação através de medições indiretas da umidade do tecido vegetal, a preparação dos dados obtidos e análises simples sobre relações com variáveis ambientais como umidade relativa do ar.

## **2 – METODOLOGIA**

### **2.1 – LEVANTAMENTO DE DADOS EXISTENTES**

Nesta parte do projeto realizamos uma pesquisa bibliográfica para identificar as principais metodologias utilizadas para determinação da umidade do material combustível. Realizamos este levantamento utilizando principalmente websites que disponibilizassem



publicações digitais e através das referências bibliográficas dos primeiros estudos encontrados. Não limitamos a pesquisa em uma determinada região, mas buscando estudos realizados em diferentes ecossistemas.

Os estudos encontrados foram organizados em uma planilha eletrônica (APÊNDICE A, Tabela I – Organização da literatura encontrada) onde cada trabalho foi alocado em uma linha. Criamos 8 colunas para detalhar as principais informações de cada estudo, sendo elas: “Nº”, (onde cada trabalho recebeu um número seguindo a ordem em que foram encontrados), “AUTOR”, “ANO DE PUBLICAÇÃO” (onde estão anotados o ano em que cada estudo foi publicado, não sendo, necessariamente, o ano em que o estudo foi realizado), “TÍTULO DO TRABALHO”, “PAÍS E ESTADO” (em que anotamos a localidade onde os trabalhos foram realizados), “OBJETIVO DO TRABALHO” (onde destacamos os principais objetivos de cada estudo), “CLASSIFICAÇÃO DO MÉTODO” (em que definimos a metodologia utilizada para medir a umidade do material combustível) e “DETALHAMENTO DA METODOLOGIA” (onde especificamos quais ferramentas foram utilizadas na medição da umidade).

Após este levantamento inicial, com o auxílio do programa de sistemas de informações geográficas de código aberto QuantumGIS-Lisboa (NANNI et al), mapeamos a localização de cada artigo utilizando as coordenadas geográficas descritas no trabalho ou, no caso dos artigos que não descreveram as coordenadas, utilizando os nomes da cidade, parque e/ou floresta onde a pesquisa foi desenvolvido, obtendo assim uma localização aproximada. Os mapas derivados desta atividade são exibidos na sessão de resultados deste relatório.

## **2.2 – MEDIDAS EM LABORATÓRIO**

Baseados no levantamento bibliográfico, planejamos a segunda parte do projeto, onde desenvolvemos um método que visa relacionar de forma indireta a flamabilidade da vegetação a outras variáveis ambientais relevantes, tais como umidade relativa do ar e

umidade do solo. Este método foi planejado para permitir o controle de variáveis como a umidade do solo e umidade relativa do ar, e ser não destrutivo preservando a vegetação amostrada.

Utilizando uma Câmara Climática (CC) da marca WEISS TECHNIK, modelo 100/40, criamos um microambiente para simular o comportamento da umidade atmosférica com e sem a presença de plantas. Para tanto, preparamos quatro vasos (A, B, C e D) com mudas de *Ixora coccinea*. Esta espécie foi escolhida por seu tamanho pequeno, boa aceitação à poda, boa composição foliar e alta resistência. Para medir a umidade relativa dentro da CC utilizamos três sensores comerciais de umidade relativa do ar (SC1, SC2 e SC3), da marca NOVUS, modelo RHT Modbus e um sensor comercial de umidade do solo (SCS) desenvolvido pela Decagon Device, Inc. Os sensores foram dispostos dentro da CC e nos vasos conforme a Figura 1. Os SC (1, 2 e 3) foram programados para realizar medições a cada 20 segundos. Todas as medidas foram realizadas no Laboratório de Tecnologias Ambientais do LAS/INPE, dentro do horário de funcionamento deste laboratório, entre as 08h30 e 17h00.

Com o SCS, medimos a umidade do solo aproximadamente 10 min antes de cada aumento da temperatura. Também foram utilizados, para estimar a umidade atmosférica e do solo, elementos sensores cerâmicos (ESC), desenvolvidos pelo grupo de Tecnologias Ambientais do LAS/INPE. Estes sensores foram utilizados para realizar 30 pontos de medição (um ponto a cada 2 segundos), também aproximadamente 10 min antes de aumentarmos a temperatura. Porém, no decorrer das medições, dois desses elementos cerâmicos foram inutilizados ao romper o fio que possibilitava a leitura das medidas. Desta forma, não foi possível prosseguir com os estudos das medidas destes sensores.



(a)

(b)

Figura 1 - Montagem do experimento. Disposição dos sensores dentro da câmara climática (a) na primeira etapa de medições – sem a presença das plantas e (b) na segunda etapa de medições – com a presença das plantas.

Dividimos as medições em duas etapas (uma com e a outra sem a presença das plantas). Em cada etapa realizamos 4 dias de medição, onde, em cada dia a CC foi programada para manter uma umidade constante durante todo o dia (30%, 50%, 70% e 90%), enquanto variamos a temperatura em 25°C, 30°C, 35° e 40°C aproximadamente a cada 1h30. Esses valores de T e de UR foram definidos buscando manter as condições o mais próximo das encontradas em ambientes brasileiros (AB'SÁBER, 2008). Após passar por todas as 4 temperaturas, e ficar no mínimo 1h30 em 40°C, a CC era desligada, porém, continuava fechada para estabilizar com o ambiente externo.

Na segunda etapa, embora os dias de medição tivessem a mesma configuração que a primeira etapa, devido à presença das plantas, adotamos outros procedimentos além dos já citados. Em cada dia, antes de iniciar a medição, os vasos foram pesados, e o solo foi coberto com filme de PVC para que a evaporação vinda do solo interferisse o mínimo

possível no ambiente da CC. Os SC1 e SC3 foram inseridos em meio à folhagem dos vasos B e C, respectivamente. O SC2 foi inserido no espaço entre os 4 vasos (Figura 2). Após 1h30, antes de aumentar a temperatura dentro do microambiente, a umidade do solo foi medida, utilizando o SCS, que em todos os dias foi colocado no solo do vaso A, e com os ESC para a obtenção dos 30 pontos de medição. Nem sempre foi possível respeitar o tempo de 1h30 em cada temperatura, pois limitações técnicas impediam a leitura correta dos 30 pontos de medição com o ESC, o que exigiria reiniciar essas medições por diversas vezes.

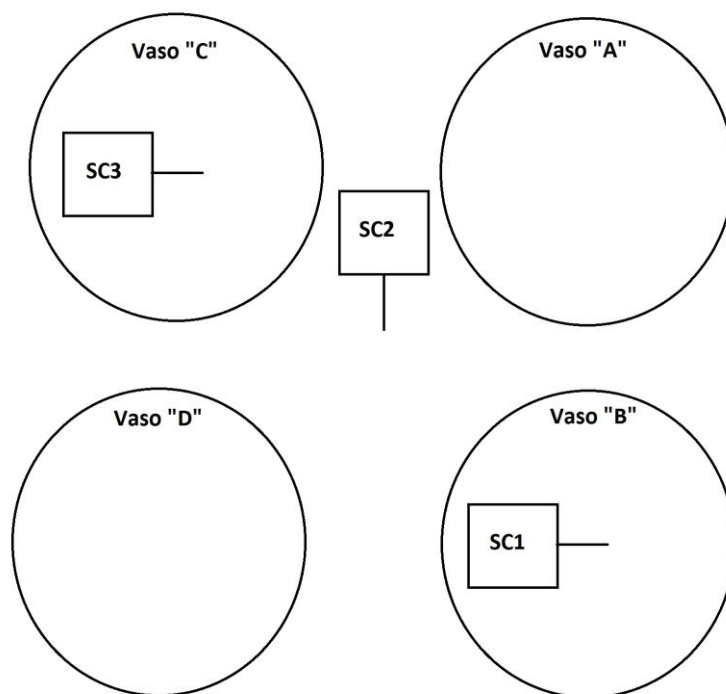


Figura 2 - Disposição dos Sensores Comerciais de Umidade do Ar nos vasos dentro da câmara climática.

### 3 – RESULTADOS

#### 3.1- LEVANTAMENTO DE DADOS EXISTENTES

Durante o período de realização deste projeto, foram encontrados 33 artigos com metodologias para estimar a umidade do material combustível, sendo 17 artigos com

metodologias de sensoriamento remoto, 6 artigos com metodologias de medição no local e 10 artigos com metodologias destrutivas. Estes trabalhos foram listados no APÊNDICE A (Tabela I – Organização da literatura encontrada), contendo informações como autores, título do trabalho, ano de publicação, ano em que os dados foram obtidos, localização, e tipo e descrição da metodologia utilizada.

Ao mapear os artigos, para melhor visualização da distribuição geográfica, verificamos que destes trabalhos, 2 foram realizados na região Boreal (ambos com metodologia destrutiva), 4 foram realizados em região Temperada (3 com metodologia destrutiva e 1 através de sensoriamento remoto), 10 foram realizados em região Subtropical (7 através de sensoriamento remoto, 3 com método destrutivo) e 17 foram realizados em região Tropical (10 através de sensoriamento remoto, 6 utilizando medição no local, 1 com metodologia destrutiva) (Figura 3).

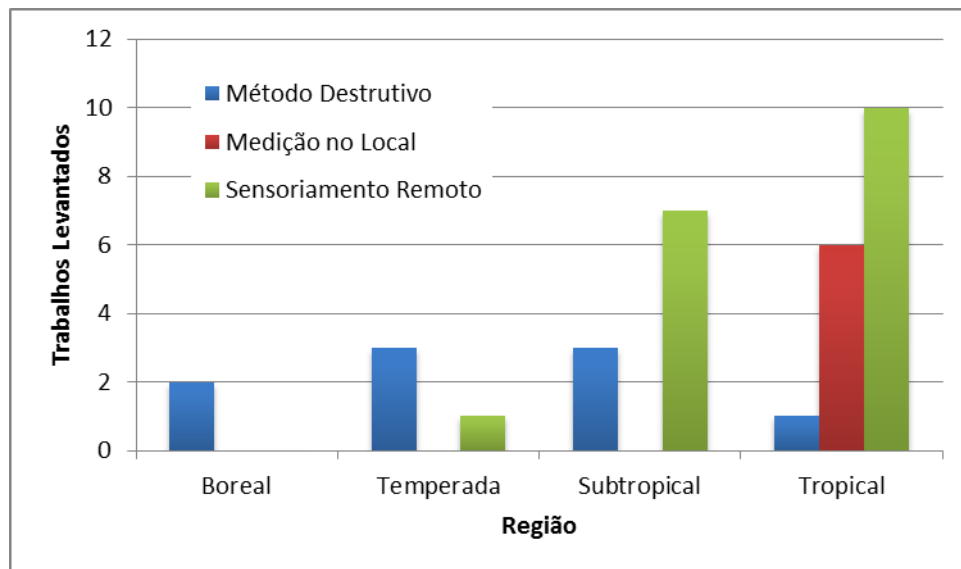


Figura 3 - Gráfico da quantidade de trabalhos levantados por metodologia e região. As barras mostram a distribuição dos estudos encontrados em relação a regiões e tipos de ecossistemas globais, divididos aqui em Tropical, Subtropical, Temperada e Boreal. Os tipos de estudo foram organizados em método destrutivo (azul), medição local (vermelho) e sensoriamento remoto (verde).

Dentre os estudos encontrados, alguns são regionais (Florestas, Unidades de Conservação, Parques, etc.), enquanto outros são estudos pontuais, apresentando, muitas vezes, diversos pontos de medidas para um mesmo trabalho. As figuras a seguir ilustram o processo de mapeamento.

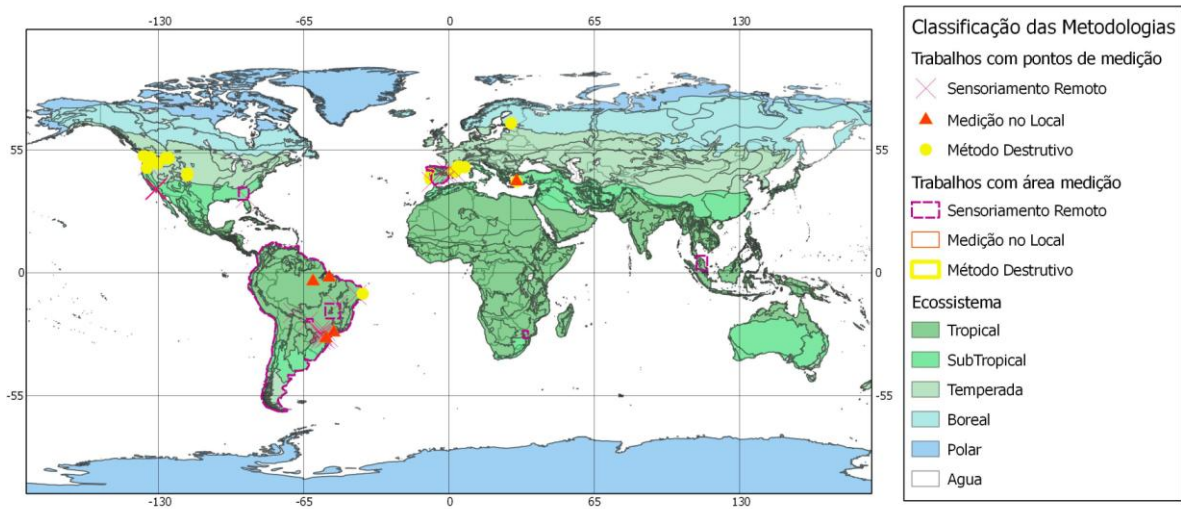


Figura 4 - Mapa de distribuição global dos trabalhos levantados. Nesta Figura, os estudos são classificados de acordo com a metodologia e abrangência espacial utilizada na coleta de dados, e têm sua posição relacionada com o bioma de ocorrência.

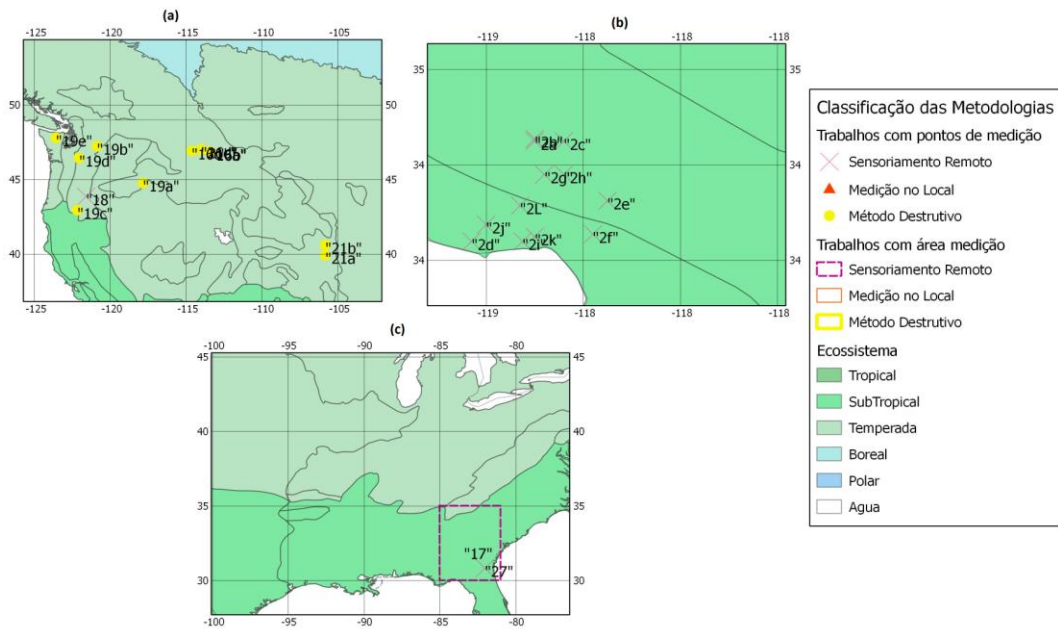


Figura 5 - Mapa de distribuição dos trabalhos realizados nos Estados Unidos. Os números identificam os trabalhos mapeados e seguem a mesma codificação descrita na Tabela 1 do Apêndice A. (a) Trabalhos realizados no noroeste dos Estados Unidos. (b) Trabalhos realizados no sudoeste dos Estados Unidos. (c) Trabalhos realizados no sudeste dos Estados Unidos.

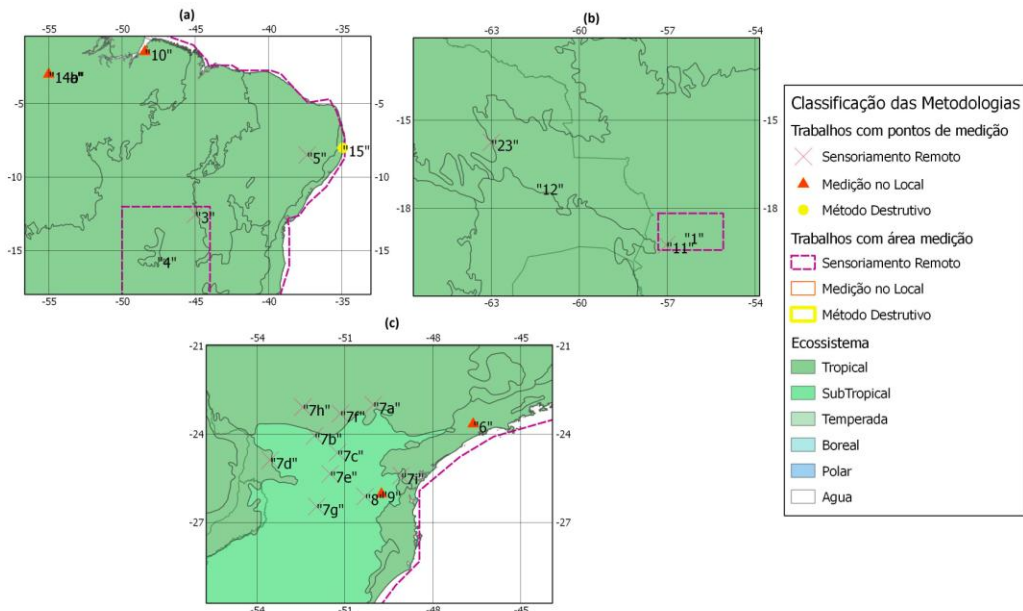


Figura 6 - Mapa de distribuição dos trabalhos realizados na América do Sul. Os números identificam os trabalhos mapeados e seguem a mesma codificação descrita na Tabela 1 do Apêndice A. (a) Trabalhos realizados no norte, nordeste e centro-oeste do Brasil. (b) Trabalhos realizados no centro-oeste do Brasil e na Bolívia. (c) Trabalhos realizados no Paraná.

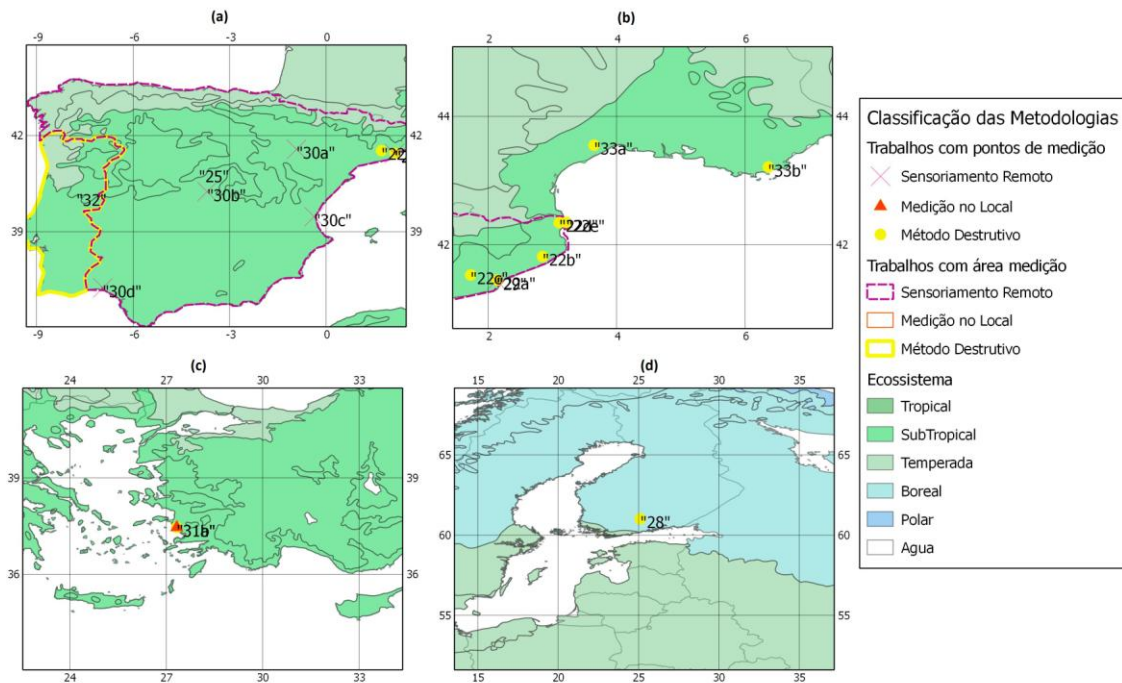


Figura 7 - Mapa de distribuição dos trabalhos realizados na Europa. Os números identificam os trabalhos mapeados e seguem a mesma codificação descrita na Tabela 1 do Apêndice A. (a) Trabalhos realizados em Portugal e Espanha. (b) Trabalhos realizados na Espanha e na França. (c) Trabalho realizado na Turquia. (d) Trabalho realizado na Finlândia.

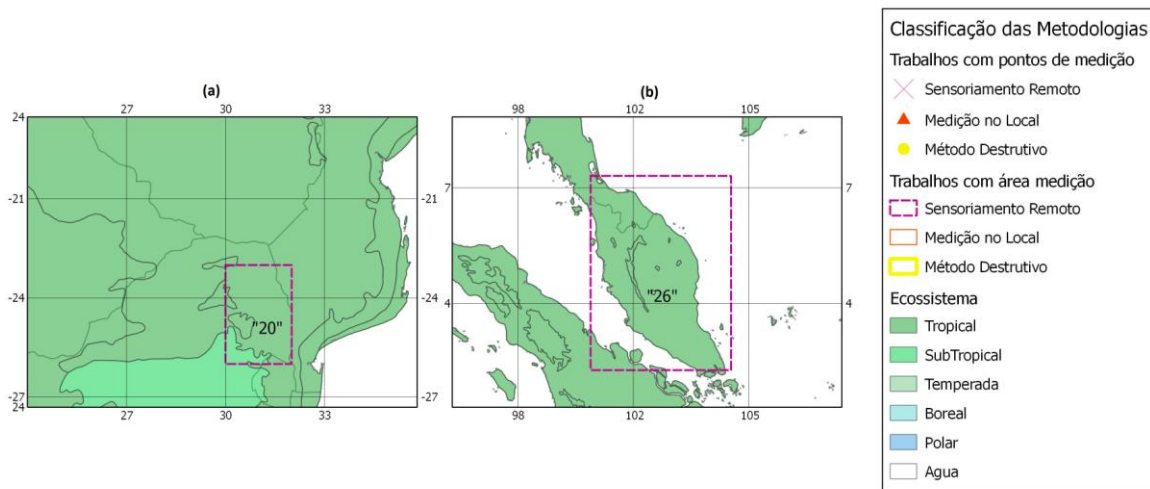


Figura 8 - Mapa de localização dos Trabalhos realizados na (a) África e na (b) Malásia. Os números identificam os trabalhos mapeados e seguem a mesma codificação descrita na Tabela 1 do Apêndice A.



### 3.2- MEDIDAS EM LABORATÓRIO

Conforme descrito acima, as medidas relativas à umidade do solo não puderam ser concluídas devido a problemas com os sensores. Assim, apenas as medidas sobre a evolução temporal da umidade relativa amostrada dentro da câmara comercial são descritas abaixo.

As Figuras 9 a 11 mostram todos os valores medidos de UR no interior da CC, e estão organizados por sensor e por valor programado de UR para a CC, e cada curva mostra as medições com (linha pontilhada vermelha) e sem (linha contínua azul) a presença das plantas no interior da câmara. Como exibido por estas figuras, é possível notar que existe uma fase inicial de cada experimento, onde as curvas mostram um período de estabilização da câmara em produzir a atmosfera requisitada. Em todos os gráficos das Figuras 9 a 11, os valores iniciais de umidade relativa são diferentes dos valores programados, e após um período médio de 0.5h a 1h, os valores se estabilizam em torno do valor programado. Nestas figuras é possível também notar as fases finais de cada experimento, quando a CC é desligada e os valores de umidade em geral se elevam tendendo à estabilidade.

De forma geral em todos os experimentos, as medições de UR feitas por cada sensor indicam valores medidos próximos ao valor programado na CC, principalmente para valores de UR mais altos. Em geral, as maiores diferenças foram de +5% para os valores programados de UR de 30% e 50%. Para valores mais altos de UR programados, as diferenças foram próximas de zero. Comum a todos os gráficos, existem também três fortes oscilações antes do desligamento da câmara. Estes picos indicam o momento em que a temperatura foi alterada, de 25°C para 30°C (primeiro pico), de 30°C para 35°C (segundo pico) e de 35°C para 40°C (terceiro pico). Para todos os sensores, estas oscilações foram menores a cada aumento na UR programada.

A Tabela 2 abaixo mostra a média dos valores medidos, do momento em que a CC é ligada até o seu desligamento.

Tabela 2 – Média das medidas realizadas com os sensores comerciais de umidade relativa entre o momento em que a câmara climática foi ligada e o momento em que foi desligada.

SC1			SC2			SC3			
Umidade relativa (%) com as plantas	Umidade relativa (%) sem as plantas	Diferença (%)	Umidade relativa (%) com as plantas	Umidade relativa (%) sem as plantas	Diferença (%)	Umidade relativa (%) com as plantas	Umidade relativa (%) sem as plantas	Diferença (%)	
30%	35,25	34,29	0,95	37,44	34,67	2,77	36,97	34,63	2,34
50%	56,42	54,78	1,65	56,39	54,45	1,94	56,15	54,38	1,77
70%	73,82	73,17	0,65	74,15	72,71	1,45	72,92	72,49	0,43
90%	89,61	89,37	0,24	90,74	89,22	1,52	89,95	89,01	0,94

Conforme a tabela acima, os valores medidos na presença das plantas ficaram entre 0.24% e 2.77% maiores do que os valores sem a presença das plantas, e estas diferenças foram em geral maiores em valores mais baixos de UR programada.

A seguir, as Figuras 12 a 14 destacam as medições de UR para o período após o desligamento da CC. Estas figuras tem o objetivo de facilitar a análise do comportamento da UR dentro da CC quando a influência do equipamento que controla sua atmosfera foi minimizada, mas permitindo ainda a influência das plantas em seu interior. Estas figuras seguem a mesma organização dos gráficos anteriores. Porém, nestes gráficos, os valores de tempo foram modificados a fim de fazer com que o momento de desligamento da câmara seja igual a 00:10:00, permitindo a comparação entre todas as curvas.

Conforme as Figs. 12-14, os valores nesta fase das medições também são semelhantes entre os sensores. Para os três sensores, a UR tendeu a se elevar para os valores programados de 30% a 70%, e diminuiu para o valor programado de 90%. É interessante também notar que a variação da UR após o desligamento da CC é maior para os valores mais baixos de

umidade programada, principalmente na presença das plantas. Como mostram as curvas, os valores de UR se elevam mais rapidamente nos painéis (a) e (b) de cada figura. Também, todas as curvas referentes a presença das plantas, em vermelho, mostram uma elevação de UR mais rápida do que as curvas referentes a CC sem as plantas, em azul. Aparentemente, esta elevação é também mais rápida quando a umidade inicial é menor, conforme comparação visual entre os painéis (a) e (b) em relação aos painéis (c) e (d) em cada figura.

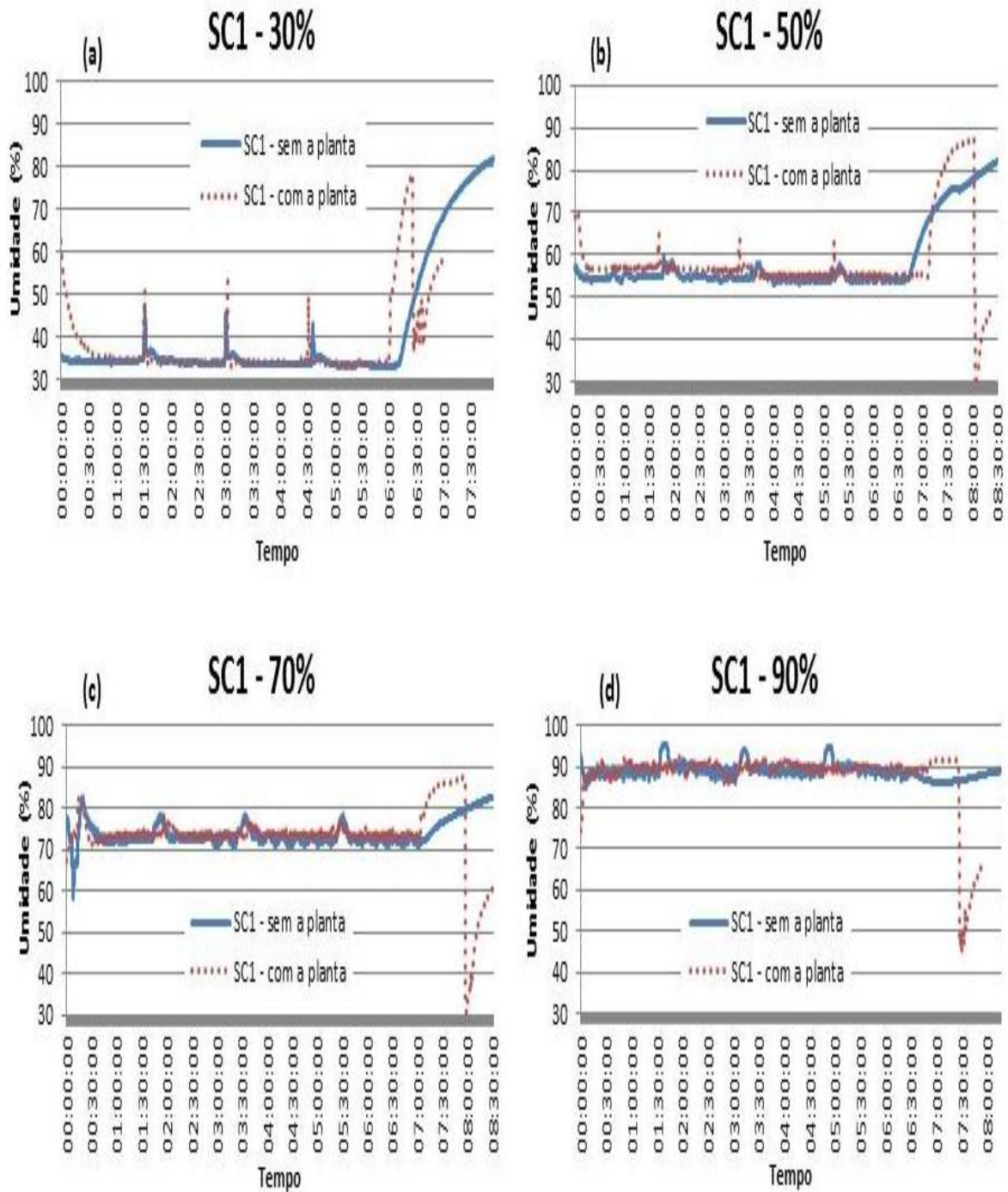


Figura 9 - Gráficos de umidade relativa do ar (UR) no interior da câmara climática (CC) medida pelo sensor comercial 1 (SC1). Medidas realizadas com a presença da planta são exibidas pelas linhas pontilhadas, e sem a presença da planta são exibidas pelas linhas contínuas. Os valores foram medidos para UR programada em 30% (a), 50% (b), 70% (c), e em 90% (d).

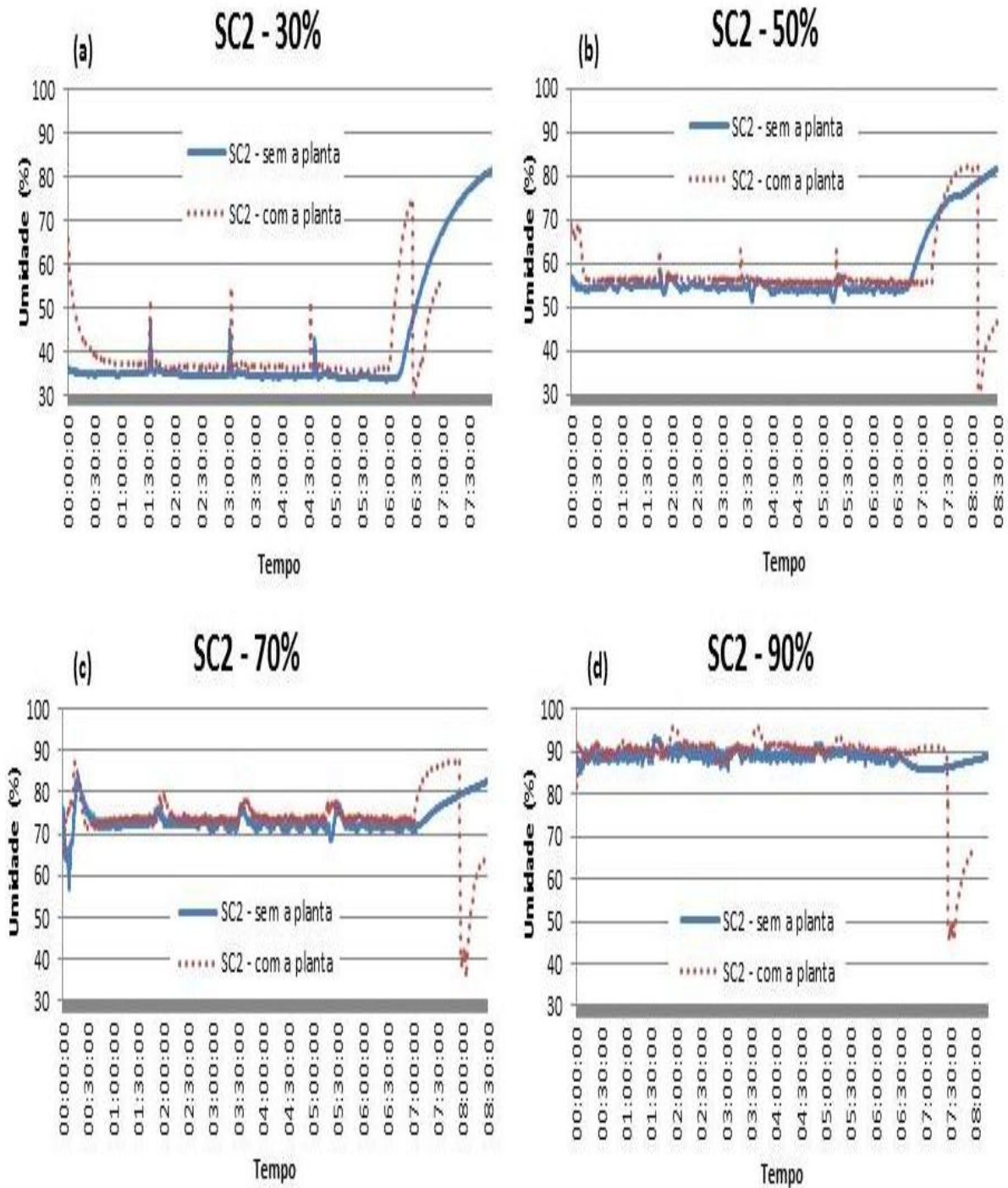


Figura 10 - Gráficos de umidade relativa do ar (UR) no interior da câmara climática (CC) medida pelo sensor comercial 2 (SC2). Medidas realizadas com a presença da planta são exibidas pelas linhas pontilhadas, e sem a presença da planta são exibidas pelas linhas contínuas. Os valores foram medidos para UR programada em 30% (a), 50% (b), 70% (c), e em 90% (d).

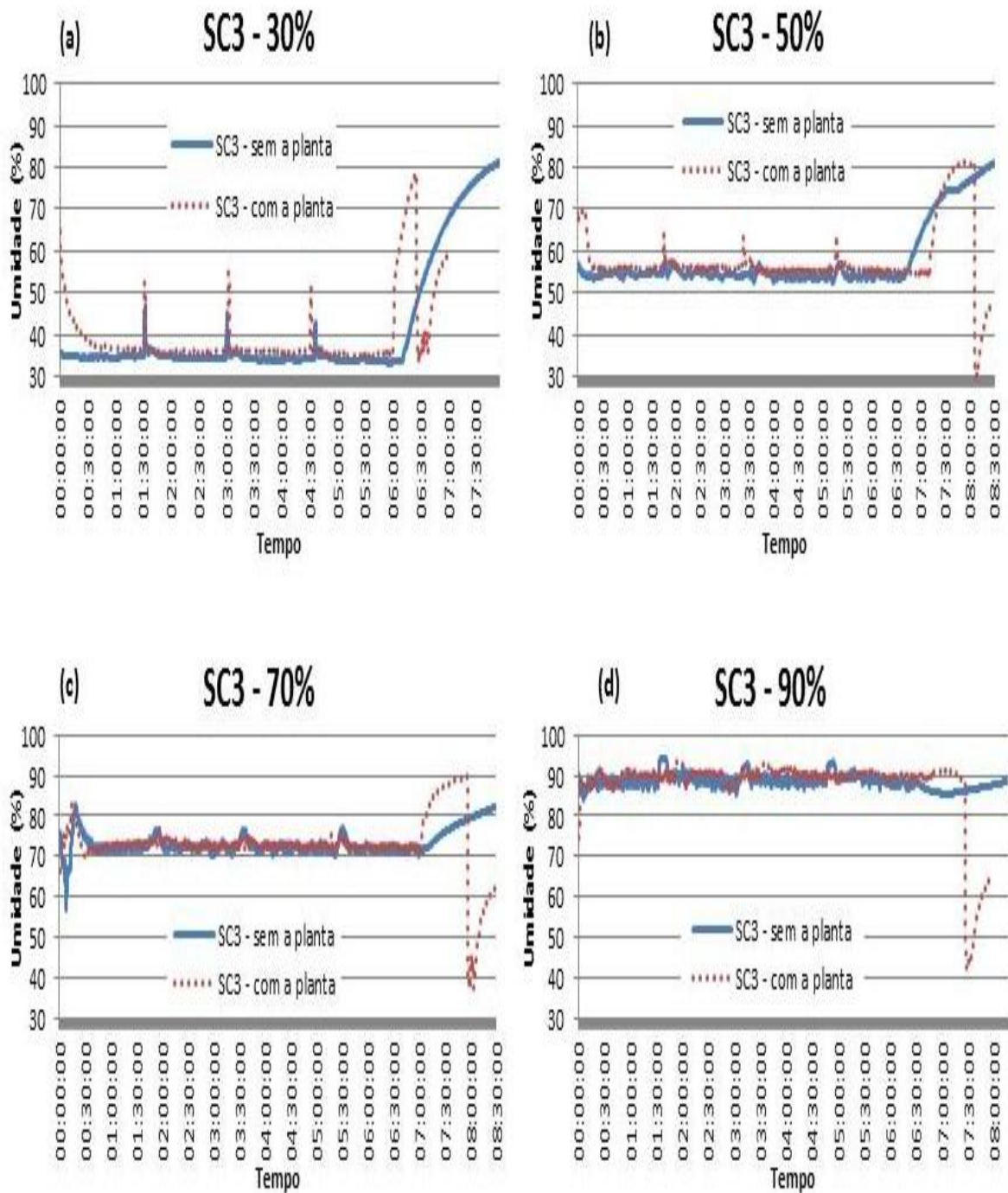


Figura 11 - Gráficos de umidade relativa do ar (UR) no interior da câmara climática (CC) medida pelo sensor comercial 3 (SC3). Medidas realizadas com a presença da planta são exibidas pelas linhas pontilhadas, e sem a presença da planta são exibidas pelas linhas contínuas. Os valores foram medidos para UR programada em 30% (a), 50% (b), 70% (c), e em 90% (d).

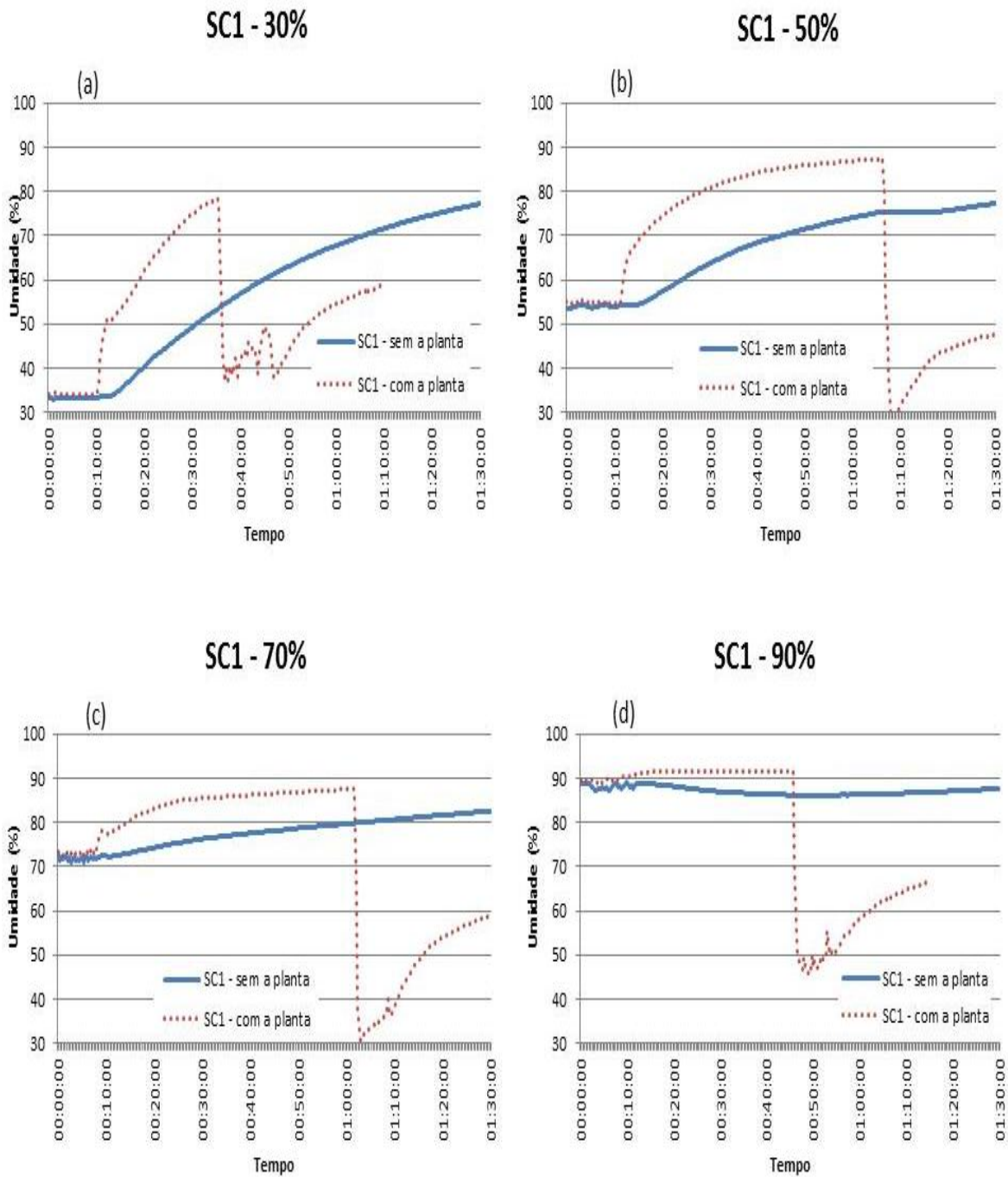


Figura 12 – Gráficos do sensor comercial 1 (SC1) exibindo apenas as medidas realizadas nos tempos finais dos experimentos, após a câmara climática (CC) ter sido desligada. Para comparação, os gráficos ressaltam apenas as medidas iniciadas 10 min antes da CC ser desligada (tempo igual a 00:00:00), e 1h20 após o desligamento da CC (tempo igual a 00:01:30). Medidas realizadas com (linhas pontilhadas) e sem (linhas contínuas) a presença das plantas, para valores de umidade programada de 30% em (a), de 50% em (b), de 70% em (c) e de 90% em (d).

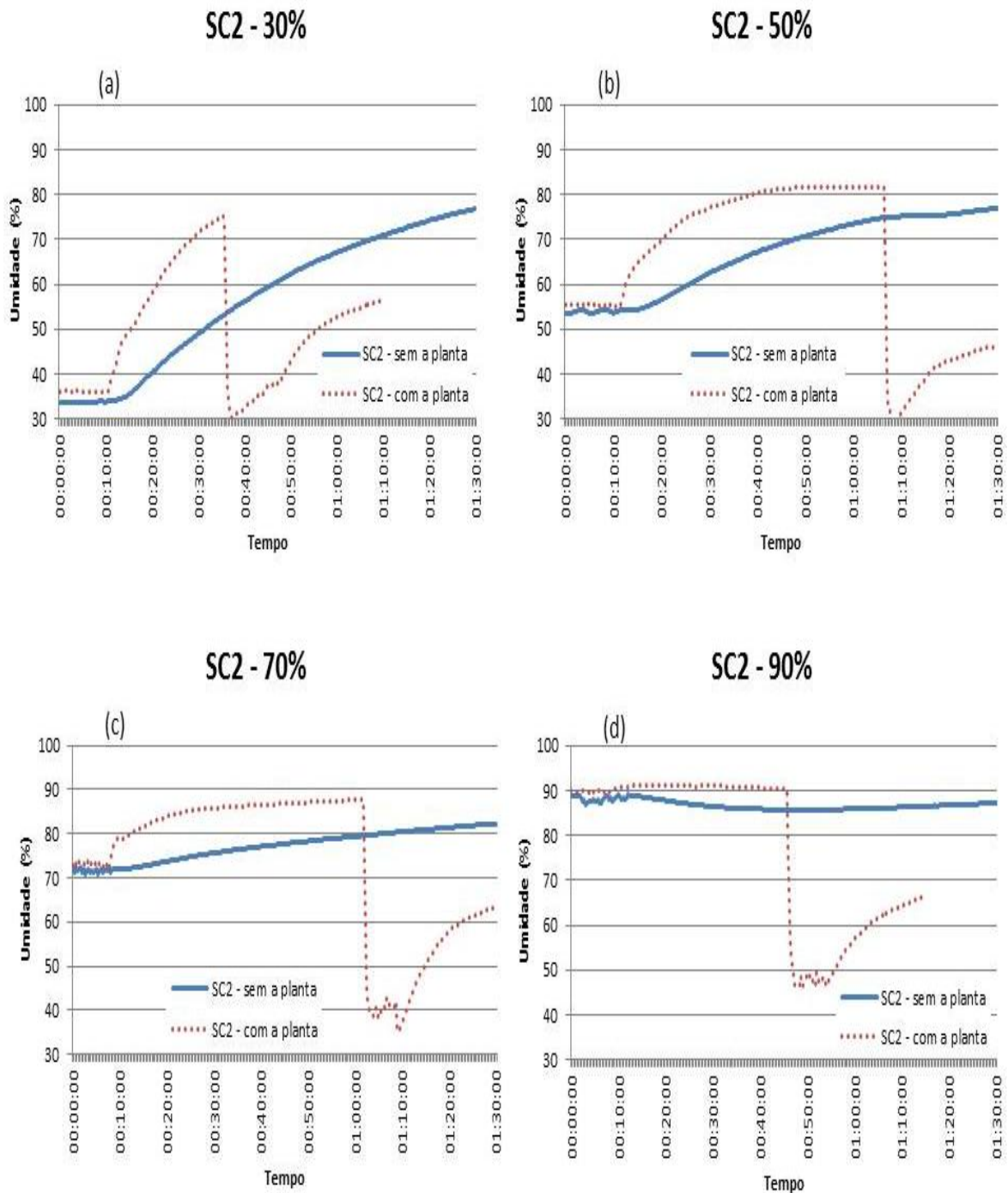


Figura 13 - Gráficos do sensor comercial 2 (SC2) exibindo apenas as medidas realizadas nos tempos finais dos experimentos, após a câmara climática (CC) ter sido desligada. Para comparação, os gráficos ressaltam apenas as medidas iniciadas 10 min antes da CC ser desligada (tempo igual a 00:00:00), e 1h20 após o desligamento da CC (tempo igual a 00:01:30). Medidas realizadas com (linhas pontilhadas) e sem (linhas contínuas) a presença das plantas, para valores de umidade programada de 30% em (a), de 50% em (b), de 70% em (c) e de 90% em (d).



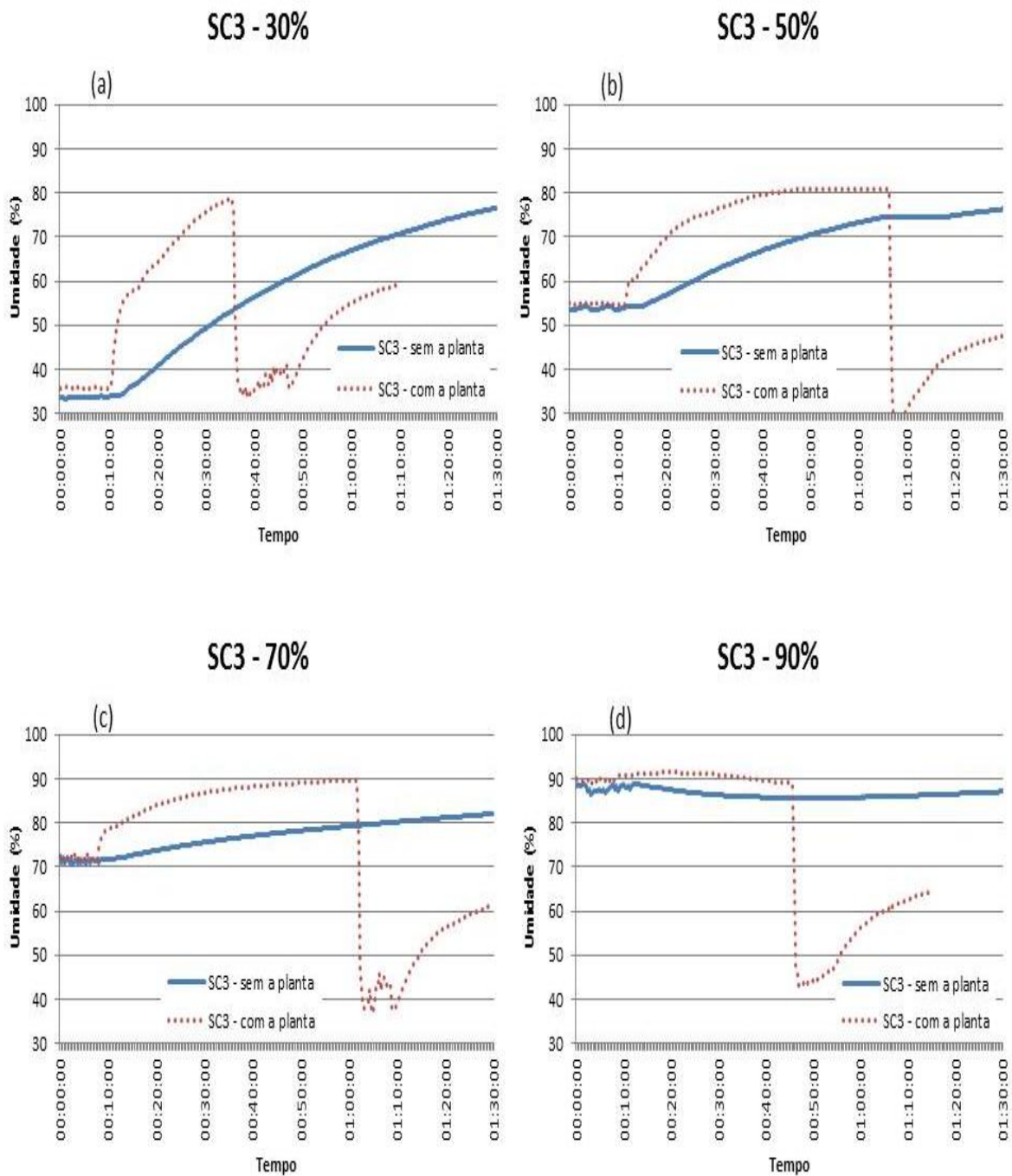


Figura 14 - Gráficos do sensor comercial 3 (SC3) exibindo apenas as medidas realizadas nos tempos finais dos experimentos, após a câmara climática (CC) ter sido desligada. Para comparação, os gráficos ressaltam apenas as medidas iniciadas 10 min antes da CC ser desligada (tempo igual a 00:00:00), e 1h20 após o desligamento da CC (tempo igual a 00:01:30). Medidas realizadas com (linhas pontilhadas) e sem (linhas contínuas) a presença das plantas, para valores de umidade programada de 30% em (a), de 50% em (b), de 70% em (c) e de 90% em (d).

#### 4 – CONCLUSÕES

As principais atividades planejadas e resultados esperados neste projeto foram em grande parte atingidos. Primeiramente, é importante ressaltar que o bolsista teve progresso substancial, com o aprendizado e vivência sobre técnicas importantes em sua formação profissional. Durante o projeto, o bolsista adquiriu novos conhecimentos sobre mapeamento e análise de dados geográficos usando Sistemas de Informações Geográficas (SIG), sobretudo com o uso do software livre QuantumGIS. Além da parte computacional, o bolsista se envolveu também em práticas e rotinas laboratoriais no Laboratório Associado de Sensores e Materiais (LAS/INPE), onde houve aprendizagem sobre o funcionamento e manuseio dos sensores utilizados, da câmara climática e do software específico para extrair os dados dos sensores comerciais LogChart II.

Embora a maior parte das atividades previstas no projeto fossem práticas, houve a necessidade de se estender a busca por referências de outros trabalhos desenvolvidos com o mesmo objetivo que o nosso por um período substancial. Esta etapa foi importante para aprofundar os conhecimentos sobre estimativas da flammabilidade da vegetação em relação às variáveis ambientais, e teve importante contribuição para a eficiência nas medições realizadas no LAS. Além disso, a atividade foi importante para se criar um banco de dados que serviu de base para este trabalho bem como para futuros projetos desenvolvidos pelo CCST.

Em relação aos métodos utilizados, os estudos levantados nesta pesquisa foram organizados em três grupos: (i) sensoriamento remoto, com metodologias que utilizaram imagens de satélite (NOAA-AVHRR, Terra-MODIS), índices de vegetação (NDVI, NDWI, VDI, iRVI, ARND) e dados de estações meteorológicas; (ii) medição direta no local, através de sensores de umidade; e (iii) método destrutivo, onde se faz necessário a coleta do material (folhas, galhos, serapilheira) para posterior análise em laboratório.

Quanto à distribuição geográfica, foram encontrados uma maior concentração de trabalhos desenvolvidos em ecossistemas tropicais (17 trabalhos), seguido pelos subtropicais (10 trabalhos), zonas temperadas (4 trabalhos) e boreais (2 trabalhos). Trabalhos realizados com método destrutivo foram encontrados nos quatro ecossistemas, e trabalhos realizados através de sensoriamento remoto foram encontrados em maior número nas regiões tropicais, seguidos das subtropicais e temperados. Nenhum trabalho com este método, porém, foi encontrado nas regiões boreais. Os únicos ecossistemas em que foram encontrados trabalhos com medição direta no local foram os tropicais.

Um dos resultados mais importantes do projeto foi o desenvolvimento de um novo método para a estimativa de flamabilidade da vegetação, através de medições indiretas da umidade do tecido vegetal feitas em laboratório. A importância deste novo método se deve principalmente à possibilidade do estudo da dinâmica da flamabilidade em relação a variáveis relevantes, como temperatura ambiente e umidade do solo. A partir das atividades desenvolvidas, foi possível fazer um levantamento sobre métodos e dados existentes e principalmente definir a montagem de um aparato instrumental que permite controlar variáveis relevantes para a flamabilidade em laboratório.

As amostragens de umidade relativa do ar (UR) da câmara comercial (CC) mostraram diferenças interessantes entre os valores medidos sem a presença das plantas e com a presença das plantas. A maior diferença foi notada no sensor comercial 2 (SC2), com umidade da CC programada para 30%, onde a média da UR sem a planta foi de 34,67%, e a média da UR com a planta foi de 37,44%. A menor diferença entre a UR sem a planta e a UR com a planta foi amostrada pelo SC1, quando a CC foi programada para umidade de 90%, com média da UR sem planta de 89,37% e média de UR com a planta de 89,61% (Tabela 2). Embora os três sensores estivessem em posições diferentes dentro da CC, o comportamento das curvas de umidade apresentadas por eles foram bem semelhantes (Figuras 9, 10 e 11).

Durante o período em que a CC esteve ligada, a diferença entre a UR sem a planta e a UR com a planta foi pequena. Nossa interpretação para este comportamento é que a influência da planta é percebida com maior clareza a partir do momento em que a CC é desligada. Observamos que sem o controle de UR da CC, o aumento da umidade dentro da câmara foi mais rápido com a presença das plantas (Figuras 12, 13 e 14). Essa situação se torna mais evidente em condições de baixa UR inicial. Isso porque, uma vez programada para manter uma determinada umidade, a CC tende a corrigir qualquer alteração em seu interior que fuja ao que foi pré-estabelecido. Ao ser desligada, ela deixa de forçar o ambiente interno, fazendo com que a mudança de UR esteja mais relacionada à evapotranspiração das plantas.

As medições realizadas após o desligamento da CC indicaram, portanto, um grande potencial para a realização das estimativas de flamabilidade em relação a outras variáveis ambientais, e no planejamento e proposta de atividades futuras deste projeto, está previsto a ampliação do número deste tipo de experimento. Também em relação às atividades futuras, estão previstas a retomada de medidas e análises propostas anteriormente, mas que não puderam ser concluídas. Entre os resultados previstos no planejamento original deste projeto estavam incluídos medições relacionadas à umidade no solo e o desenvolvimento de modelos matemáticos simples para relacionar as medidas realizadas às condições de flamabilidade das plantas amostradas no laboratório.

Alguns problemas, porém, impediram a obtenção de todos os resultados propostos. Um deles foi o tempo para o estabelecimento do protocolo final para as realizações de todas as medidas descritas. Por se tratar de um conjunto novo de medidas, não houve modelos prévios que pudessem ser seguidos. Além disso, o cronograma de transporte oferecido pelo INPE entre suas instalações em Cachoeira Paulista (onde o bolsista é oficialmente alocado) e São José dos Campos (onde está localizado o LAS), e a programação deste laboratório fez com que as medidas só pudessem ser realizadas com frequência semanal. Outro motivo, já descrito acima, foram as avarias imprevistas nos sensores de umidade do solo, onde dois

desses elementos cerâmicos foram inutilizados ao romper o fio que possibilitava a leitura das medidas e não foi possível prosseguir com os estudos das medidas desses sensores. Com os acúmulos nestas atividades, não houve infelizmente tempo para o desenvolvimento de modelos matemáticos propostos.

Concluindo, as propostas para a continuação deste projeto estão concentradas na realização de um conjunto maior de medidas de UR com ênfase nos períodos após o desligamento da CC, a inclusão de medidas de umidade do solo utilizando novos sensores e o desenvolvimento de modelos matemáticos a partir das novas medidas.

## 5 – REFERÊNCIAS

- AB´SÁBER, Aziz Nacib. **Ecosistemas do Brasil: ecosystems of Brazil**. Metalivros, 2008.
- AGEE, J. K. et al. Foliar moisture content of Pacific Northwest vegetation and its relation to wildland fire behavior. **Forest Ecology and Management**, v.167, p.57-66, 2002.
- ALVES, K. M. A. S. A.; NOBREGA, R. S. Uso de Dados Climáticos para análise espacial de risco de incêndio florestal, **Mercator**, v.10, p.209-219, 2011. DOI: 10.4215/RM2011.1022. 0013
- ALVES, M. V. G. et al. Modelagem de umidade do material combustível, baseada em variáveis meteorológicas, **Floresta**, v.39, n.1, p.167-174, 2009.
- AZEVEDO, T. R. de; FUNARI, F. L. **Desempenho de registradores digitais de temperatura e umidade do ar em abrigo meteorológico padronizado – estudo comparativo preliminar visando uso em trabalhos de campo**, Laboratório de Climatologia e Biogeografia – FFLCH/USP, Série TA, Texto 003
- BILGILI, E.; SAGLAM, B. Fire behavior in maquis fuels in Turkey, **Forest Ecology and Management**, v.184, p.201-207, 2003.
- BLATE, G. M. Modest trade-offs between timber management and fire susceptibility of a bolivian semi-deciduous forest, **Ecological Applications**, v.15, n.5, p.1649-1663, 2005.
- BOWMAN, David MJS et al. Fire in the Earth system. **Science**, v. 324, n. 5926, p. 481-484, 2009.
- CARDOSO M., H. G. et al. (2003) **Projecting future fire activity in Amazonia**. *Glob. Change Biol.* 9: 656-669.
- CARDOSO, M.F. et al. (2008) **Long-term potential for fires in estimates of the occurrence of savannas in the tropics**. *Global Ecology and Biogeography*. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2007.00356.x.
- CASTRO, F. X. et al. Modeling moisture content in shrubs to predict fire risk in Catalonia (Spain), **Agricultural and Forest Meteorology**, v.116, p.49-59, 2003.
- COCHRANE, M.A. (2003) Fire science for rainforests. *Nature*, 421, 913-919.

- CHUVIECO, E. et al. Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies, **Ecological Modelling**, v.221, p.46-58, 2010.
- DASGUPTA, S. et al, Design of a Susceptibility Index for Fire Risk Monitoring, **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v.3, n.1, 2006.
- DASGUPTA, S. et al. Evaluating remotely sensed live fuel moisture estimations for fire behavior predictions in Georgia, USA, **Remote Sensing of Environment**, v.108, p.138-150, 2007.
- DENNISON, P.E. et al. Use of Normalized Difference Water Index for monitoring live fuel moisture, **International Journal of Remote Sensing**, v.26, n.5, p.1035-1042, 2005.
- FERNANDES, P. A. M. Fires Spread prediction in shrub fuel in Portugal, **Forest Ecology and Management**, v.144, p.67-74, 2001.
- GILLON, D. et al. Estimation of foliage moisture content using near infrared reflectance spectroscopy, **Agricultural and Forest Meteorology**, v.124, p.51-62, 2004.
- HERMANSSON, S. et al. On-line monitoring of fuel moisture-content in biomass-fired furnaces by measuring relative humidity of the flue gases, **Chemical Engineering Research and Design**, v.89, p.2470-2476, 2011.
- JOLLY, W. M.; HADLOW, A. M. A comparasion of two methods for estimating conifer live foliar moisture content, **International Journal of Wildland Fire**, v.21, p.180-185, 2012.
- JOLLY, W. M. et al. Relationships between moisture, chemistry, and ignition of *Pinus contorta* needles during the early stages of mountain pine beetles attack, **Forest Ecology and Management**, v.269, p.52-59, 2012.
- NANNI et al. **Quantum GIS - Guia do Usuário, Versão 1.7.4 'Wroclaw'**. Acesso em: 22 de janeiro de 2013. Disponível em: <http://qgisbrasil.org>. 291p., il.
- NARCISO, M. G. et al. Utilização de sistemas de informação de dados climáticos para calculo de índices de risco de incêndio para a sub-região da Nhecolandia, **Anais 2º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, Corumbá, 7-11 novembro 2009, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p.220-229.
- NIETO, H. et al. Dead fuel moisture estimation with MSG-SVIRI data. Retrieval of meteorological data for the calculation of the equilibrium moisture content, **Agricultural and Forest Meteorology**, v.150, p.861-870, 2010.

- NOVAIS, L. R. et al. Análise da vegetação da Área de preservação ambiental de São Desiderio – BA, a partir do NDVI e NDWI, **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Curitiba, PR, Brasil, 30 de abril a 05 de maio de 2011, INPE, p.1888.
- NUNES, J. R. S. et al. Estimativa da umidade relativa das 13:00h, com base nos dados das 9:00h e das 15:00h, para o Estado do Paraná, **Floresta**, v.35, n.2, 2005.
- OLIVEIRA, D. S. O. **Zoneamento de risco de incêndios em povoados florestais no norte de Santa Catarina**, p.124, Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.
- ONIGEMO, A. E. **Avaliação de índices de risco de incêndio em áreas com predominância de gramíneas cespitosas na sub-região da Nhecolândia, Pantanal, MS**, p.141, Tese parcial de Doutorado em Ecologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande-MS, 2007.
- PENG Guang-xiong et al. A forest fire risk assessment using ASTER images in Peninsular Malaysia, **Journal of China University of Mining & Technology**, v.17, n.2, p.232-237, 2007.
- PERRY, D. A. et al. Forest Structure and Fire Susceptibility in Volcanic Landscapes of the Eastern High Cascades, Oregon, **Conservation Biology**, v.18, n.4, p. 913-926, 2004.
- PINOL, J. et al. Ground-based spectroradiometric estimation of live fine fuel moisture of Mediterranean plants, **Agricultural and Forest Meteorology**, v.90, p.173-186, 1998.
- RAY, D. et al. Micrometeorological and canopy controls of fire susceptibility in a forested Amazon landscape, **Ecological Applications**, v.15, n.5, p.1664-1678, 2005.
- SAMPAIO, M. H. K. et al. **Sistema de aquisição remota de dados para detecção de comportamentos de variáveis ambientais em parques florestais da Amazônia**, XVIII Congresso Brasileiro de Automática, Bonito, MS, 12-16 de setembro de 2010.
- SCHROEDER, W. et al. **Identificação de Padrões Climatológicos que contribuem para a Ocorrência de Incêndios em Cerrado Usando Dados AVHRR/NOAA-14**, Disponível em <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-3987880621cdda119c1ab47cd3210821.pdf>>, Acesso dia 23 de janeiro de 2013. CBMET 2000, Rio de Janeiro.
- SISMANOGLU, R. A.; SETZER, A. W. **Risco de fogo para a vegetação da América do Sul: comparação de duas versões para 2003**, Disponível em <<http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/09.17.10.33/doc/0000000636.doc>>, Acesso dia 23 de janeiro.



STEUER, I. R. W. et al. **Comparação entre dois métodos diretos de determinação de umidade, utilizando estufa e aparelho de micro-ondas, em frutos de *Psidium guajava***, X Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX, Recife, UFRPE, 18 a 22 de outubro de 2010.

TANSKANEN, H. et al. Moisture dynamics of moss-dominated surface fuel in relation to the structure of *Picea abies* and *Pinus sylvestris* stands, **Forest Ecology and Management**, v.226, p.189-198, 2006.

UHL, C.; KAUFFMAN, J. B. Deforestation, fire susceptibility, and Potential tree responses to fire in the eastern Amazon, **Ecological Society of America**, v.71, n.2, p.437-449, 1990.  
VERBESSELT, J. et al. Monitoring herbaceous fuel moisture content with SPOT VEGETATION time-series for fire risk prediction in savanna ecosystems, **Remote Sensing of Environment**, v.108, p.357-368, 2007.

**APÊNDICE A**

Tabela 1 – Organização da Literatura Encontrada

<b>Nº</b>	<b>AUTOR</b>	<b>ANO DE PUBLICACAO</b>	<b>TITULO DO TRABALHO</b>	<b>PAÍS E ESTADO</b>	<b>OBJETIVO DO TRABALHO</b>	<b>CLASSIFICACAO DO METODO</b>	<b>DETALHAMENTO DA METODOLOGIA</b>
1	ONIGEMO, Abisoye Emmanuel	2007	Avaliacao de indices de risco de incendio em areas com predominancia de gramineas cespitosas na sub-regiao da Nhecolandia, Pantanal, MS.	Brasil, MS	Avaliar a utilizacao de indices climaticos e de vegetacao na previsao de risco de incendio na sub-regiao da Nhecolandia.	Sensoriamento Remoto	Utiliza Indice de Vegetacao (NDVI)
2	DENNISON, P.E. et al.	2005	Use of Normalized Difference Water Index for monitoring live fuel moisture	Estados Unidos, CA	Comparar a eficiencia do NDVI e do NDWI na determinacao da umidade do combustivel vivo.	Sensoriamento Remoto	Utiliza Indice de Vegetacao (NDVI e NDWI)
3	NOVAIS, Laissa Rodrigues et al.	2011	Analise da vegetacao da Area de preservacao ambiental de Sao Desiderio – BA, a partir do NDVI e NDWI	Brasil, BA	Analisar a cobertura vegetal da Area de preservacao Ambiental de Sao Desiderio, utilizando os indices NDVI e NDWI.	Sensoriamento Remoto	Utiliza Indice de Vegetacao (NDVI e NDWI)
4	SCHROEDER, Wilfrid et al.		Identificacao de Padroes Climatologicos que contribuem para a Ocorrencia de Incendios em Cerrado Usando Dados AVHRR/NOAA-14	Brasil, GO	Monitorar as condicoes climaticas nos Parques Chapada dos Veadeiros (GO) e Grande Sertao Veredas (MG), visando identificar padroes associados a ocorrencia de incendios	Sensoriamento Remoto	Utiliza dados da Estacao de Barro Alto (GO)
5	ALVES, Keyla Manuela Alencar da Silva e NOBREGA, Ranyere Silva	2011	Uso de Dados Climaticos para analise espacial de risco de incendio florestal	Brasil, PE	Identificar espacialmente, por meio de mapas, as areas de risco de incendio florestal dentro do Parque Nacional do Catimbau	Sensoriamento Remoto	Utiliza dados diarios de umidade e precipitacao obtidos do Laboratorio de Meteorologia de Pernambuco

(Continua)

Tabela 1 – Continuação

Nº	AUTOR	ANO DE PUBLICACAO	TITULO DO TRABALHO	PAIS E ESTADO	OBJETIVO DO TRABALHO	CLASSIFICACAO DO METODO	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA
6	AZEVEDO, Tarik Rezende de, e FUNARI, Frederico Luiz		Desempenho de registradores digitais de temperatura e umidade do ar em abrigo meteorologico padronizado – estudo comparativo preliminar visando uso em trabalhos de campo	Brasil, SP	Conferir o desempenho de registradores digitais de temperatura e umidade.	Medicao no Local	Os instrumentos utilizados permaneceram no interior do abrigo meteorologico
7	NUNES, Jose Renato Soares et al.	2005	Estimativa da umidade relativa das 13:00h, com base nos dados das 9:00h e das 15:00h, para o Estado do Parana.	Brasil, PR	Desenvolver equacoes que estimem os valores da Umidade relativa as 13:00h, atraves dos dados das 9:00 e 15:00h	Sensoriamento Remoto	Utiliza dados meteorologicos fornecidos pelo Instituto Tecnologico SIMEPAR
8	OLIVEIRA, Danielle dos Santos de Oliveira	2002	Zoneamento de risco de incendios em povoamentos florestais no norte de Santa Catarina	Brasil, SC	Desenvolver uma metodologia para a elaboracao de um mapa de risco de incendio para uma propriedade florestal.	Sensoriamento Remoto	Dados obtidos atraves de boletim meteorologico
9	ALVES, Marcos Vinicius Giongo et al.	2009	Modelagem de umidade do material combustivel, baseada em variaveis meteorologicas	Brasil, PR	Estimar a umidade do material combustivel	Medicao no Local	Utiliza um termo-higro-anemometro digital, instalado em uma baliza no local, ligado durante todo o experimento. Paralelo a isso, realiza medicoes em amostras de litter coletadas do solo.
10	SAMPAIO, Marcos H. K. et al.	2010	Sistema de aquisicao remota de dados para deteccao de comportamentos de variaveis ambientais em parques florestais da Amazonia	Brasil, AM	Apresentar um sistema de aquisicao de dados utilizando sensores.	Medicao no Local	Desenvolve/utiliza software e sensores para obtencao das variaveis ambientais.

Tabela 1 – Continuação

Nº	AUTOR	ANO DE PUBLICACAO	TITULO DO TRABALHO	PAÍS E ESTADO	OBJETIVO DO TRABALHO	CLASSIFICACAO DO METODO	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA
11	NARCISO, Marcelo Gonçalves et al.	2009	Utilizacao de sistemas de informacao de dados climaticos para calculo de indices de risco de incendio para a sub-regiao da Nhecolandia	Brasil, MS	Mostrar um sistema de apoio a decisao sobre o risco de incendio na sub-regiao de Nhecolandia a partir de dados climaticos pre disponiveis.	Sensoriamento Remoto	Utiliza dados climaticos da Estacao Meteorologica da Fazenda Nhumirim
12	SISMANOGLU, Raffi Agop e SETZER, Alberto W.		Risco de fogo para a vegetacao da America do Sul: comparacao de duas versoes para 2003	America do Sul	Avaliar o desempenho diario do algoritimo de calculo diario do risco de fogo para o pais nos 12 meses de 2003.	Sensoriamento Remoto	Dados meteorologicos extraidos do banco de dados do CPTEC
13	UHL, Christopher, e KAUFFMAN, J. Boone	1990	Deforestation, fire susceptibility, and Potential tree responses to fire in the eastern Amazon	Brasil, PA	Determinar o potencial do fogo em 4 tipos de coberturas dominantes na Amazonia Oriental; e avaliar a resposta potencial das arvores que podem ocorrer como resultado de incendios de larga escala na Amazonia.	Medicao no Local	Para realizar as medicoes foram instaladas estacoes nos quatro tipos de cobertura
14	RAY, David et al.	2005	Micrometeorological and canopy controls of fire susceptibility in a forested Amazon landscape	Brasil, PA	Determinar os fatores fisicos e ambientais que regulam o comportamento do fogo no sub bosque e avaliar o potencial para aplicar os resultados da predicao da susceptibilidade ao fogo na Amazonia Oriental brasileira	Medicao no Local	Foi estabelecida uma estacao de monitoramento proximo da Floresta Madura, onde a umidade relativa foi medida com instrumento móvel (Hobbo)

Tabela 1 – Continuação

Nº	AUTOR	ANO DE PUBLICACAO	TITULO DO TRABALHO	PAÍS E ESTADO	OBJETIVO DO TRABALHO	CLASSIFICACAO DO METODO	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA
15	STEUER, Isabela regina Wanderley et al.	2010	Comparacao entre dois metodos diretos de determinacao de umidade, utilizando estufa e aparelho de micro-ondas, em frutos de <i>Psidium guajava</i>	Brasil, PE	Comparar dois metodos diretos de determinacao de umidade em amostra de frutos da <i>Psidium guajava</i>	Destrutivo	Após obter as amostras. Foram utilizados os metodos de secagem em estufa e secagem em aparelho de micro-ondas
16	JOLLY, W. Matt, e HADLOW, Ann M.	2012	A comparasion of two methods for estimating conifer live foliar moisture content	Estados Unidos, Montana	Apresentar o resultado da comparação de dois metodos destrutivos para estimar a umidade foliar de coníferas	Destrutivo	Apos colher as amostras, dois metodos de estimativa de umidade sao comparados: secagem em forno e um metodo que faz uso de um equipamento especifico (COMPUTRAC MAX 2000XL), emitindo resultados mais rapidos.
17	DASGUPTA, Swarvanu et al.	2006	Design of a Susceptibility Index for Fire Risk Monitoring	Estados Unidos, Georgia	Descrever um novo indice de risco de fogo, chamado Fire Susceptibility Index (FSI). Baseado no conceito fisico de energia de calor da preignicao.	Sensoriamento Remoto	Os dados utilizados no indice (Umidade e Temperatura) podem ser obtidos por sensoriamento remoto.
18	PERRY, David A. et al.	2004	Forest Structure and Fire Susceptibility in Volcanic Landscapes of the Eastern High Cascades, Oregon	Estados Unidos, Oregon	Relacionar a estrutura do bosque com a susceptibilidade ao fogo.	Sensoriamento Remoto	Foram usados os dados relativos a umidade de final de verao (seca).

Tabela 1 – Continuação

Nº	AUTOR	ANO DE PUBLICACAO	TITULO DO TRABALHO	PAÍS E ESTADO	OBJETIVO DO TRABALHO	CLASSIFICACAO DO METODO	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA
19	AGEE, James K. et al.	2002	Foliar moisture content of Pacific Northwest vegetation and its relation to wildland fire behavior	Estados Unidos, Oregon	Quantificar tendencias na umidade foliar para varias coniferas e especies de sub bosque no noroeste do Pacifico e avaliar a influencia dessas tendencias no comportamento do fogo de superficie e da coroa.	Destrutivo	Secagem em Estufa
20	VERBESSELT, J. et al.	2007	Monitoring herbaceous fuel moisture content with SPOT VEGETATION time-series for fire risk prediction in savanna ecosystems	Africa do Sul	Avaliar a capacidade de indices de vegetacao, usando satelites, de monitorar o teor de umidade nos combustiveis herbaceos durante a estacao seca, para melhorar a avaliacao de risco de fogo no ecossistema savana	Sensoriamento Remoto	Indices de Vegetacao (NDVI, NDWI, VDI, iRVI, ARND). Para controle, foi medido por metodo destrutivo o FMC no local.

Tabela 1 – Continuação

Nº	AUTOR	ANO DE PUBLICACAO	TITULO DO TRABALHO	PAÍS E ESTADO	OBJETIVO DO TRABALHO	CLASSIFICACAO DO METODO	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA
21	JOLLY, W. Matt et al.	2012	Relationships between moisture, chemistry, and ignition of <i>Pinus contorta</i> needles during the early stages of mountain pine beetles attack	Estados Unidos, Colorado	Apresentar os resultados de um estudo visando quantificar a influencia da umidade do combustivel e da quimica foliar na ignição das agulhas do <i>Pinus contorta</i> durante a fase inicial de um ataque de "mountain pine beetles"	Destrutivo	Secagem durante 2 dias a 95°C ou 3 dias a 60°C
22	CASTRO, F. X. et al.	2003	Modeling moisture content in shrubs to predict fire risk in Catalonia (Spain)	Espanha	Modelar a variacao de umidade do combustivel vivo de <i>Cistus monspeliensis</i> em funcao da variaveis meteorologicas. Se isto for possivel para esta especie, que e comum em uma area mais propensa ao fogo da regio da Catalonia, e baseados em variaveis meteorologicas, podera ser previsto um componente de risco de fogo bastante preciso, na escala regional, sempre precisar medir o nivel de umidade atual das plantas.	Destrutivo	Coleta dos ramos nos 5 locais e posterior secagem em estufa até peso constante.

Tabela 1 – Continuação

Nº	AUTOR	ANO DE PUBLICACAO	TITULO DO TRABALHO	PAÍS E ESTADO	OBJETIVO DO TRABALHO	CLASSIFICACAO DO METODO	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA
23	BLATE, Geoffrey M.	2005	Modest Trade-offs between timber management and fire susceptibility of a Bolivian semi-deciduous forest	Bolivia	O objetivo deste estudo e esclarecer a natureza e a extencao do trade-off entre a sustentacao da producao de madeira comercial e o aumento da susceptibilidade ao fogo na seca da floresta tropical e contrastar estas conclusoes com estudos publicados de lugares umidos.	Medicao no Local	Utiliza equipamento portatil para medicao da temperatura e da umidade relativa no local.
24	HERMANSSON, Sven et al.	2011	On-line monitoring of fuel moisture-content in biomass-fired furnaces by measuring relative humidity of the flue gases		Desenvolver um metodo para medicao da umidade com o objetivo de aumentar a precisao para niveis aceitaveis na determinacao indireta da umidade do combustivel na biomassa queimada no forno, realizando a medicao nos gases provenientes da combustao.	Destrutivo	Podemos dizer que e uma metodologia Destrutiva Indireta, uma vez que a umidade da biomassa do combustivel nao e medida diretamente do material coletado, mas sim dos gases provenientes da sua combustao, que sao resfriados e posteriormente e medida a umidade relativa com o uso de sensor de polimero.

(Continua)



Tabela 1 – Continuação

Nº	AUTOR	ANO DE PUBLICACAO	TITULO DO TRABALHO	PAIS E ESTADO	OBJETIVO DO TRABALHO	CLASSIFICACAO DO METODO	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA
25	NIETO, Hector et al.	2010	Dead fuel moisture estimation with MSG-SEVIRI data. Retrieval of meteorological data for the calculation of the equilibrium moisture content	Espanha	Propor o uso de Sensoriamento remoto para estimar, hora a hora, os dados meteorologicos e avaliar a umidade do combustivel morto	Sensoriamento Remoto	Utiliza Sensoriamento Remoto, Previsao Numerica do Tempo (NWP Numerical Weather Prediction), para reunir dados da temperatura do ar, pressao de vapor e precipitacao, para assim estimar o equilibrio da umidade do combustivel morto.
26	PENG Guang-xiong et al.	2007	A forest fire risk assessment using ASTER images in Peninsular Malaysia	Malasia	Usar o ASTER (advanced spaceborne thermal emission reflectance radiometer) para um novo indice de susceptibilidade ao fogo, baseado no conceito fisico de energia de calor na pre-ignicao	Sensoriamento Remoto	O índice requer a entrada de dados da temperatura e da umidade do combustivel, ambos podendo ser medidos por sensoriamento remoto, neste caso: NDVI/LST
27	DASGUPTA, Swarvanu et al.	2007	Evaluating remotely sensed live fuel moisture estimations for fire behavior predictions in Georgia, USA	Estados Unidos, Georgia	Os objetivos sao: estimar a variacao esperada nas incertezas em estimativas empiricas do conteudo de umidade no combustivel vivo, usando o NIR-SWIR (near infrared – shortwave infrared) e analisar a implicancia destas incertezas para a predicao da taxa de propagacao do fogo.	Sensoriamento Remoto	Estima a quantidade de agua absorvida atraves dos canais próximos de infravermelho (NIR – near infrared) e pelas ondas curtas de infravermelho (SWIR – shortwave infrared).

Tabela 1 – Continuação

Nº	AUTOR	ANO DE PUBLICACAO	TITULO DO TRABALHO	PAÍS E ESTADO	OBJETIVO DO TRABALHO	CLASSIFICACAO DO METODO	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA
28	TANSKANEN, Heidi et al.	2006	Moisture dynamics of moss-dominated surface fuel in relation to the structure of <i>Picea abies</i> and <i>Pinus sylvestris</i> stands	Finlandia	O objetivo deste estudo e mapear e analisar a dinamica da umidade no combustivel da superficie em <i>Picea abies</i> e <i>Pinus sylvestris</i>	Destrutivo	As amostras foram coletadas para posterior analise de peso seco (após 24 horas em 105 graus Celsius)
29	PINOL, Josep et al.	1998	Ground-based spectroradiometric stimation of live fine fuel moisture of Mediterranean plants	Espanha	O objetivo desta pesquisa e desenvolver um metodo rapido para determinar o conteudo de umidade do combustivel vivo pelo uso do espectro de reflectancia de alta resolucao baseado no terreno.	Sensoriamento Remoto	Utiliza indices baseados em reflectancia (NDVI e WI)
30	CHUVIECO, Emilio et al	2010	Development of a framework for fire risk assessment using remote sensing and geographic information system technologies	Espanha	Desenvolver uma avaliacao de risco de fogo baseado em dois parametros: perigo de incendio e vulnerabilidade, utilizando sensoriamento remoto e informacoes geograficas	Sensoriamento Remoto	Para estimar a umidade do combustivel vivo foram usados dados de satelites (NOAA-AVHRR e Terra-MODIS)
31	BILGILI, Ertugrul e SAGLAM, Bulent	2003	Fire behavior in maquis fuels in Turkey	Turquia	Apresentar e analisar os dados do comportamento de fogo para combustiveis "maquis" na Turquia.	Destrutivo	Para medir a umidade do combustivel, foram coletadas amostras da vegetacao para posterior secagem em forno a 100 graus Celsius durante 24 horas.

(Continua)

Tabela 1 – Conclusão

Nº	AUTOR	ANO DE PUBLICACAO	TITULO DO TRABALHO	PAÍS E ESTADO	OBJETIVO DO TRABALHO	CLASSIFICACAO DO METODO	DETALHAMENTO DA METODOLOGIA
32	FERNANDES, Paulo A. Martins	2001	Fires spread prediction in shrub fuels in Portugal	Portugal	O objetivo deste estudo foi, depois de analisar as relacoes entre a propagacao do fogo e a s variaveis ambientais, produzir um modelo preliminar que prediz a taxa de propagacao do fogo em combustivel de arbusto do tipo que ocorre em Portugal.	Destrutivo	Apos coletar a amostra, foi feita secagem em forno do material em temperatura de 85 graus Celsius durante 48 horas, para determinar a umidade do combustivel morto e das folhas vivas.
33	GILLON, D. et al	2004	Estimation of foliage moisture content using near infrared reflectance spectroscopy	Franca	Avaliar se as propriedades espectrais das amostras secas tem relacao com o teor de umidade inicial da folhagem fresca em cada especie e em qualquer especie e ano.	Destrutivo	As amostras das folhagens foram coletadas, secadas, moidas e depois analisadas com um espectrofotometro de reflectancia de infravermelho próximo.