



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



**PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA AUTOMAÇÃO
DE CALIBRAÇÃO DE CÂMARAS CLIMÁTICAS.**

Márcio Siqueira Pereira

Relatório Final de Iniciação Científica do
Programa PIBIC, Orientada pelo Prof. Dr. Ricardo Suterio

INPE
São José dos Campos
2021



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÕES



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

**PROJETO E DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PARA AUTOMAÇÃO
DE CALIBRAÇÃO DE CÂMARAS CLIMÁTICAS.**

Márcio Siqueira Pereira

Relatório Final de Iniciação Científica do
Programa PIBIC, Orientada pelo Prof. Dr. Ricardo Suterio

INPE
São José dos Campos
2021

Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todos os que tornaram possível este trabalho de pesquisa, aos colegas do Laboratório de Integração e Testes - LIT, Pesquisadores e demais funcionários do LIT e do INPE. Agradeço ao CNPq pela bolsa e por ajudarem no desenvolvimento científico e tecnológico no Brasil.

Agradeço a minha instituição de ensino de origem, Faculdade de Tecnologia do Estado de São Paulo - FATEC, aos meus amados Professores e colegas de turma e sobretudo, agradeço especialmente ao meu Orientador Professor Ricardo Suterio pela oportunidade de fazer parte de um lugar tão fantástico como o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo, o projeto e desenvolvimento de um software para aquisição de dados, com um mínimo de nove sensores de temperatura e umidade para monitoramento de uniformidade e estabilidade térmica, bem como elaborar planilha de cálculo para validar o método desenvolvido por comparação ao método de aquisição não automatizado, além de elaborar o manual de operação do software desenvolvido em atendimento aos requisitos do sistema de qualidade do LIT e da norma NBR ISO/IEC 17025: 2017 - Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração e treinar equipe envolvida. Este projeto teve início no ano de 2019 para calibração de câmaras térmicas e neste momento precisa ser atualizado para a calibração de câmaras climáticas. Para o desenvolvimento deste projeto, a metodologia adotada foi iniciada pelo estudo bibliográfico sobre normas técnicas, procedimentos padrão para calibração de câmaras térmicas e climáticas, artigos científicos, participação na elaboração de procedimentos e relatórios técnicos de ensaios, a fim de adquirir embasamento teórico dos tópicos de metrologia, normalização e qualidade. A linguagem de programação utilizada no desenvolvimento do software será o LabVIEW. Os sensores termopares são afixados no interior da câmara climática, em pontos pré-determinados no procedimento padrão da câmara e o software desenvolvido trabalhará em conjunto com o Data Acquisition na aquisição das medidas. Após esta etapa, os dados são filtrados e incluídos na planilha de análise e cálculo de incertezas.

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1: Logo NI LabVIEW	2
Figura 2 - Painel Frontal	3
Figura 3 - Diagrama de Blocos	3
Figura 4 - Layout do Software anterior ainda sem as leituras de umidade.	4
Figura 5 Data Acquisition – Agilent	5
Figura 6 - Conexão GPIB - National Instruments	6
Figura 7 Dados Brutos	6
Figura 8 Dados Filtrados	7
Figura 9 Dados Filtrados	7
Figura 10 Cronograma.....	8

Sumário

	<u>Pág.</u>
1 Introdução.....	1
2 Atividades realizadas durante o período da bolsa	1
4 Linguagem de Programação Escolhida:	2
5 Diagrama de Blocos e Painel Frontal	2
6 Layout do Software Anterior.....	4
7 Sensores de Temperatura e Umidade	4
8 Data Acquisition.....	5
9 Filtragem dos Dados.....	6
10 Documentação:.....	8
11 Divulgação dos Resultados:	8
12 Cronograma	8
13 Etapas Concluídas	8
14 Conclusão:	9
15 Referências Bibliográficas:.....	10

1 INTRODUÇÃO

Objetivo:

Desenvolver um software para aquisição de dados de no mínimo nove sensores de temperatura e umidade para monitoramento de uniformidade e estabilidade térmica. Elaborar planilha de cálculo para validar o método desenvolvido por comparação ao método de aquisição não automatizado. Elaborar manual de operação do software desenvolvido em atendimento aos requisitos do sistema de qualidade do LIT e da norma NBR ISO/IEC 17025: 2017 - Requisitos Gerais para a Competência de Laboratórios de Ensaio e Calibração e treinar equipe envolvida.

2 ATIVIDADES REALIZADAS DURANTE O PERÍODO DA BOLSA

- Adquirir embasamento teórico dos tópicos de metrologia, normalização e qualidade.
- Estudo de bibliografias pertinentes tais como normas técnicas, livros textos etc., visando verificar sua aplicabilidade às atividades do Laboratório.
- Participar na elaboração de procedimentos e relatórios técnicos de ensaios para sedimentar os fundamentos teóricos na área de atuação do Laboratório.

3 TRABALHO DE PESQUISA:

- Desenvolver o projeto de funcionamento do software.
- Especificar linguagem de programação para desenvolvimento do software.
- Executar desenvolvimento da programação.
- Realizar testes funcionais utilizando software desenvolvido e método não automatizado.

4 LINGUAGEM DE PROGRAMAÇÃO ESCOLHIDA:



Figura 1: Logo NI LabVIEW

O LabVIEW É uma linguagem gráfica bastante utilizada na automação de instrumentação eletrônica, no controle de equipamentos e aquisição de dados. Sua interface é bastante intuitiva e nos permite desenvolver instrumentos virtuais, os chamados VIs.

5 DIAGRAMA DE BLOCOS E PAINEL FRONTAL

Painel Frontal:

A janela do painel frontal aparece sempre que abrimos ou criamos um novo VI, ela é a interface do usuário.

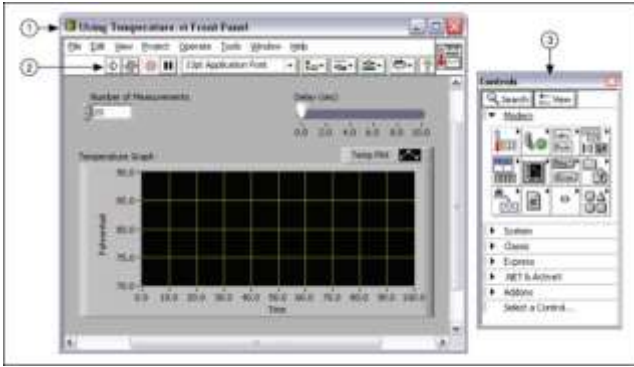


Figura 2 - Painel Frontal

Diagrama de Blocos:

Após criarmos a janela do Painel Frontal, podemos criar o nosso código, usando as representações gráficas para controlar os objetos do painel frontal.

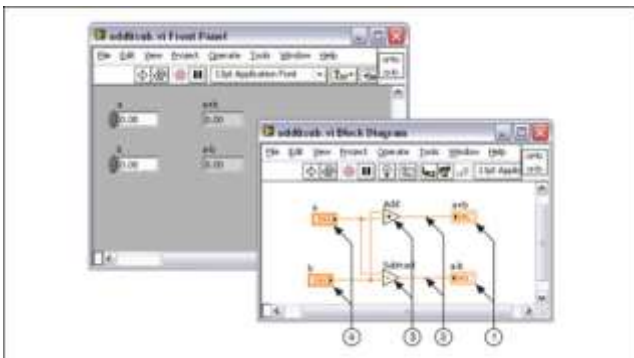


Figura 3 - Diagrama de Blocos

6 LAYOUT DO SOFTWARE ANTERIOR

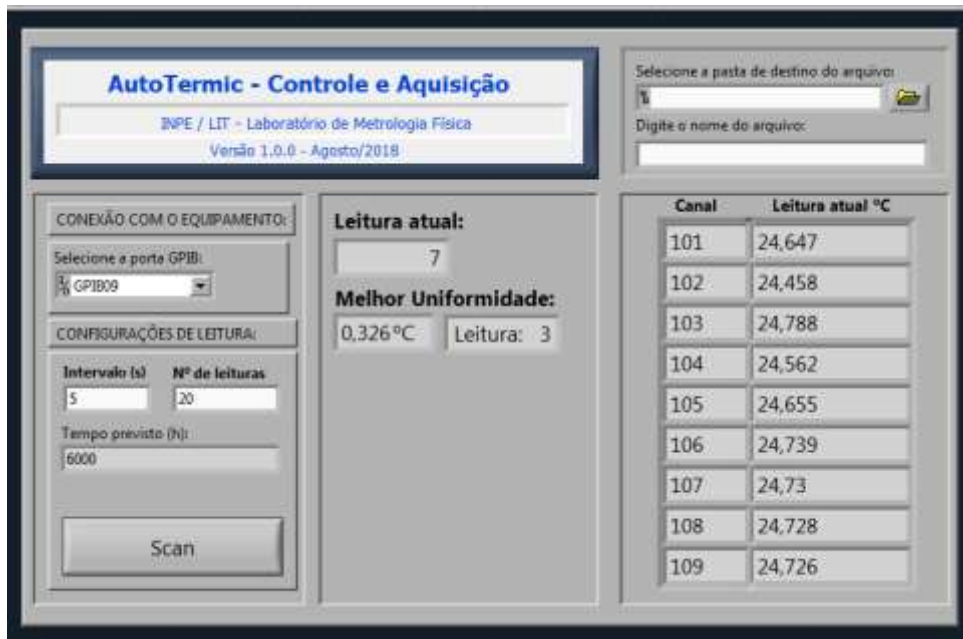


Figura 4 - Layout do Software anterior ainda sem as leituras de umidade.

7 SENSORES DE TEMPERATURA E UMIDADE

Termopares:

São sensores de temperatura, compostos por dois metais diferentes.

Neste tipo de calibração, utilizamos o tipo T, composto por um fio de Cobre e o outro de Constantan(Cobre-Níquel).

PT-100

São sensores de temperatura que contém um resistor que altera o valor da resistência conforme a temperatura do ambiente se altera.

São normalmente constituídos de Platina, Níquel ou outros materiais puros.

Psicrômetros

São sensores de umidade, compostos por dois termômetros sendo que um deles mede a temperatura a seco e o outro será envolvido por uma mecha de tecido úmido e será mergulhado em um reservatório com água. A diferença entre a temperatura do termômetro seco e do úmido indicará a umidade relativa.

Higrômetro Óptico de Ponto de Orvalho

Higrômetros Ópticos medem a temperatura do ponto de orvalho, que é a temperatura em que o ar ou um gás deve ser resfriado até que se condense.

8 DATA ACQUISITION

É uma unidade de aquisição de dados composta por um multímetro digital e os slots onde são conectados os sensores de temperatura e umidade.



Figura 5 Data Aquisição – Agilent

O Data Acquisition é conectado a um computador através de uma conexão GPIB.



Figura 6 - Conexão GPIB - National Instruments

9 FILTRAGEM DOS DADOS

Após os dados brutos serem adquiridos, eles passarão por uma filtragem e os dados filtrados quando satisfatórios, serão utilizados na preparação da planilha e certificado de calibração.

A screenshot of a spreadsheet application, likely Microsoft Excel, displaying a large table of raw data. The data is organized into columns and rows, with some cells highlighted in yellow. The spreadsheet shows numerical values and some text labels, representing the raw data acquired from the GPIB connection. The interface includes a menu bar at the top and a status bar at the bottom.

Figura 7 Dados Brutos

		Estabilidade	0,07			Uniformidade	0,474			Início:	14:42:21	Fim:	16:48:21	Total	02:06:00
min	ponto	data	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	
0,474	66	22/4/21 15:47	40,039	39,967	40,017	39,013	39,982	40,343	40,138	40,006	40,05				
	67	22/4/21 15:48	40,051	39,979	40,002	39,025	39,95	40,331	40,129	40,012	40,01				
	68	22/4/21 15:49	40,06	39,992	40,002	39,986	39,931	40,34	40,135	40,042	40,05				
	69	22/4/21 15:50	40,054	39,961	39,995	39,018	39,941	40,340	40,129	40,021	40,013				
	70	22/4/21 15:51	40,048	39,973	39,999	39,004	39,933	40,338	40,161	40,042	40,025				
	71	22/4/21 15:52	40,068	39,986	40,02	39,028	39,95	40,353	40,132	40,024	40,044				
	72	22/4/21 15:53	40,071	39,989	40,027	39,041	39,983	40,327	40,144	40,024	40,041				
	73	22/4/21 15:54	40,06	40,007	40,011	39,01	39,985	40,343	40,157	40,021	40,032				
	74	22/4/21 15:55	40,067	39,995	39,995	39,032	39,959	40,352	40,16	40,01	40,038				
	75	22/4/21 15:56	40,073	39,982	40,005	39,033	39,99	40,358	40,157	40,055	40,05				
	76	22/4/21 15:57	40,085	40,001	40,044	39,033	39,999	40,364	40,178	40,07	40,068				
	77	22/4/21 15:58	40,091	40,01	40,035	39,041	39,986	40,383	40,153	40,049	40,047				
	78	22/4/21 15:59	40,097	40,007	40,034	39,041	39,971	40,355	40,16	40,049	40,056				
	79	22/4/21 16:00	40,088	39,992	40,023	39,047	39,988	40,361	40,144	40,030	40,056				
	80	22/4/21 16:01	40,094	40,013	40,026	39,035	39,98	40,380	40,153	40,049	40,053				
	81	22/4/21 16:02	40,073	39,989	39,998	39,023	39,982	40,37	40,13	40,036	40,022				
	82	22/4/21 16:03	40,085	39,989	40,011	39,028	39,988	40,372	40,125	40,055	40,044				
	83	22/4/21 16:04	40,07	39,982	40,008	39,013	39,938	40,337	40,15	40,027	40,032				
	84	22/4/21 16:05	40,082	39,998	40,017	39,032	39,99	40,343	40,163	40,045	40,041				
	85	22/4/21 16:06	40,083	39,973	39,998	39,025	39,941	40,349	40,132	40,03	40,041				
	86	22/4/21 16:07	40,057	39,973	39,989	39,986	39,95	40,349	40,129	40,033	40,033				
	87	22/4/21 16:08	40,054	39,97	39,989	39,004	39,956	40,367	40,144	40,039	40,041				
	88	22/4/21 16:09	40,06	39,973	40,014	39,025	39,983	40,364	40,144	40,052	40,065				
	89	22/4/21 16:10	40,05	39,975	40,005	39,033	39,941	40,355	40,147	40,021	40,067				
	90	22/4/21 16:11	40,047	39,978	40,002	39,003	39,947	40,367	40,144	40,033	40,029				
	91	22/4/21 16:12	40,047	39,995	40,001	39,033	39,954	40,343	40,134	40,029	40,029				
	92	22/4/21 16:13	40,062	40,004	40,011	39,018	39,958	40,321	40,134	40,034	40,025				
	93	22/4/21 16:14	40,062	40,004	40,031	39,023	39,976	40,358	40,143	40,046	40,019				
	94	22/4/21 16:15	40,089	40	40,026	39,021	39,97	40,355	40,143	40,04	40,032				
	95	22/4/21 16:16	40,1	40,013	40,024	39,033	39,983	40,358	40,149	40,049	40,049				
	Estabilidade		0,061	0,052	0,055	0,07	0,069	0,063	0,054	0,064	0,061	0	0	0	

Figura 8 Dados Filtrados

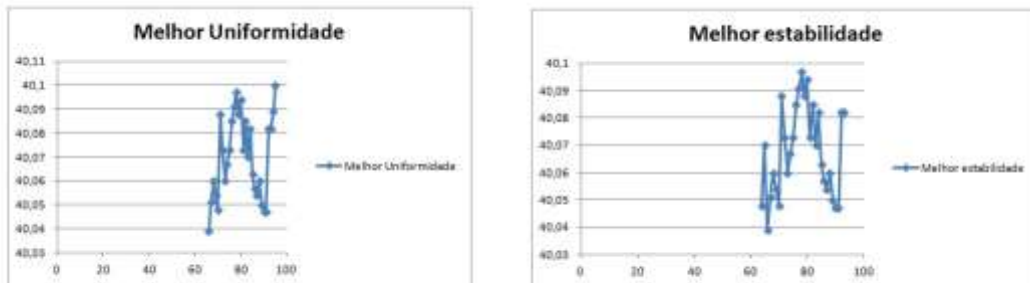


Figura 9 Dados Filtrados

10 DOCUMENTAÇÃO:

- Elaborar planilha de validação por comparação ao método não automatizado.
- Elaborar manual de operação do software.

11 DIVULGAÇÃO DOS RESULTADOS:

- Divulgar os conhecimentos adquiridos através de publicações técnicas/acadêmicas.
- Treinar os técnicos do Laboratório de Metrologia Física.

12 CRONOGRAMA

Programa de Trabalho	Ano 1						Ano 2					
	Mês 2	Mês 4	Mês 6	Mês 8	Mês 10	Mês 12	Mês 2	Mês 4	Mês 6	Mês 8	Mês 10	Mês 12
Revisão Bibliográfica	■	■	■									
Trabalho de Pesquisa				■	■	■						
Documentação							■	■	■	■		
Divulgação dos Resultados					■	■					■	■

Figura 10 Cronograma

13 ETAPAS CONCLUÍDAS

Revisão Bibliográfica:

- Adquirir embasamento teórico dos tópicos de metrologia, normalização e qualidade.
- Estudo de bibliografias pertinentes tais como normas técnicas, livros textos etc., visando verificar sua aplicabilidade às atividades do Laboratório.
- Participar na elaboração de procedimentos e relatórios técnicos de ensaios para sedimentar os fundamentos teóricos na área de atuação do Laboratório.

Trabalho de Pesquisa:

- Desenvolver o projeto de funcionamento do software.
- Especificar linguagem de programação para desenvolvimento do software.

14 CONCLUSÃO:

O projeto proposto encontra-se em andamento e dentro do cronograma previsto no início da vigência da bolsa, e permitiu ao bolsista a aquisição de conhecimentos valiosíssimos e que serão fundamentais para a continuidade e conclusão do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Avaliação de Temperatura e Umidade em uma Câmara Climática
Júlio D. Brionízio, Fernando B. Mainier, D.Sc.

Guideline on the Calibration of Temperature and/or Humidity Controlled Enclosures

EURAMET Calibration Guide No 20 Version 5.0 (09/2017)
Procedimento para Calibração de Meios Térmicos

Laboratório de Metrologia Física - MTF, LIT/INPE.

DKD-R 5-7 DEUTSCHER KALIBRIERDIENST Guideline Calibration of Climatic Chambers Edition 07/2004 English Translation 02/2009

Procedimento para Calibração de Meios Térmicos
Laboratório de Metrologia Física - MTF, LIT/INPE.

LabVIEW – National Instruments
www.ni.com

Data Aquisition – Keysight
www.keysight.com