



JOÃO PAULO DE ARAÚJO

**AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTROLE DE SISTEMA
INOVADOR DE PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

LAVRAS - MG

2013

JOÃO PAULO DE ARAÚJO

**AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTROLE DE SISTEMA INOVADOR DE
PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

Monografia de Graduação apresentada ao Departamento de Ciência da Computação da Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do curso de Bacharelado em Ciência da Computação para obtenção do título de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientador

Prof. DSc. Pedro Castro Neto

Co-Orientador

Prof. DSc. Tales Heimfarth

LAVRAS - MG

2013

JOÃO PAULO DE ARAÚJO

**AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTROLE DE SISTEMA INOVADOR DE
PRODUÇÃO DE BIODIESEL**

Monografia de Graduação apresentada
ao Departamento de Ciência da Compu-
tação da Universidade Federal de Lavras
como parte das exigências do curso de
Bacharelado em Ciência da Computação
para obtenção do título de Bacharel em
Ciência da Computação.

Aprovada em 1^o de abril de 2013

Prof. DSc. André Vital Saúde

Prof. DSc. Antônio Carlos Fraga

MSc. Jaime Daniel Corrêa Mendes

André Vital Saúde
Antônio Carlos Fraga
Jaime Daniel Corrêa Mendes

Pedro Castro Neto
Prof. DSc. Pedro Castro Neto

Orientador

Tales Heimfarth
Prof. DSc. Tales Heimfarth

Co-Orientador

LAVRAS - MG

2013

Dedico este trabalho, em primeiro lugar, a minha mãe, Teresa Aparecida Paulino, pelo amor incondicional e por todo o esforço para que eu atingisse mais este objetivo. Aos meus Mestres Professor Pedro Castro Neto e Professor Antônio Carlos Fraga que, além de me guiarem na vida acadêmica, se tornaram grandes amigos. E, por fim, a todos aqueles que, de alguma forma, estiveram presentes no meu tempo de graduação.

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, pela confiança e incentivo.

Aos Professores Pedro Castro Neto e Antônio Carlos Fraga, pelas oportunidades, confiança e amizade.

A Jaime Daniel Corrêa Mendes, que foi um verdadeiro amigo, seja para me motivar a estudar mais, abrir novas oportunidades ou simplesmente ir a uma festa.

A Gilson Miranda Júnior, um verdadeiro amigo, que sempre esteve presente para uma boa conversa, auxiliar com um trabalho acadêmico ou profissional ou tomar uma boa e gelada cerveja.

A Alexandre Augusto Alberto Moreira de Abreu, uma pessoa que eu tive o privilégio de conhecer na Universidade e que hoje eu tenho orgulho de chamar de amigo.

A todos os amigos do G-Óleo, um grupo de pesquisa que me ensinou o valor do trabalho em equipe, do companheirismo e da multidisciplinaridade.

A todos os amigos, colegas e conhecidos que eu não citei explicitamente aqui e que, de alguma forma, estiveram presentes para que eu atingisse este objetivo.

Meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

O biodiesel tem adquirido grande notoriedade e se tornou estratégico para a política energética do governo brasileiro. Sua produção, por meio de um processo conhecido como transesterificação, não possui métodos que atendam à necessidade de análise de baixo custo, em tempo real e *online*, o que pode interferir no preço do produto e em sua qualidade. Com isso, para aliar necessidade, oportunidade e tecnologia, este projeto propõe um método para aquisição de dados e controle de um sistema inovador de produção de biodiesel. Um protótipo foi obtido ao término do desenvolvimento do trabalho, o que espera-se, juntamente com outros projetos em desenvolvimento no mesmo laboratório onde este trabalho foi desenvolvido, ser um diferencial na cadeia de produção do biodiesel.

Palavras-chave: Biodiesel; Automação e Controle de Processos.

ABSTRACT

Biodiesel has gained great fame and became strategical to Brazilian energetical politics. Its production, by means of a process named transesterification, has not got methods that comply with the necessity of a real time low cost online analysis, which can interfere on the product price and its quality. In order to combine the need, the opportunity and the technology, this paper proposes a method for data acquisition and control of a new biodiesel production system. A prototype was obtained by the end of the development of this project, which is expected to be, along with other projects being developed at the same work place that this one, a differential on biodiesel production system.

Keywords: Biodiesel; Process Automatization and Control.

SUMÁRIO

1	Introdução	11
1.1	Contexto e Motivação.....	11
1.2	Objetivo Geral.....	12
1.3	Objetivos Específicos	12
1.4	Estrutura do trabalho	13
2	Biodiesel.....	15
2.1	Métodos de análise	16
3	Aquisição de dados e Controle	18
3.1	Protocolos de Comunicação.....	20
3.1.1	Comunicação Serial.....	20
3.1.2	Comunicação Paralela.....	22
4	Datalogger CampbellTMCR1000	24
4.1	Características Físicas.....	24
4.2	Software.....	26
5	Metodologia.....	31
5.1	Tipo de Pesquisa	31
5.2	Material	32
5.2.1	Área Experimental e Período	32
5.2.2	Hardware e Software	32
5.3	Métodos	34
6	Resultados e Discussão	37
6.1	Aquisição de dados.....	37
6.2	Controle de Equipamentos.....	40
6.3	Desenvolvimento da Interface	44

7	Conclusão	49
7.1	Conclusão	49
7.2	Trabalhos Futuros	50
	Referências Bibliográficas	51

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Esboço da reação de transesterificação	15
Figura 2	Unidade de produção de biodiesel pelo método de transesterificação	16
Figura 3	Exemplo de transmissão assíncrona de dados. 7 bits de dados, paridade par e 1 bit de parada (7E1)	22
Figura 4	Conector DB25 fêmea, com nomenclatura dos pinos. Nota-se que diversos nomes derivam do surgimento da porta, relacionando-se com dispositivos de impressão	23
Figura 5	Datalogger CR1000 com fonte de alimentação PS100	24
Figura 6	CR1000 SCWin Short Cut. Tela de seleção de sensores.....	27
Figura 7	Esquema em alto nível do método desenvolvido no trabalho	36
Figura 8	Montagem de teste do hardware de aquisição de dados	40
Figura 9	Diagrama da montagem do controle dos equipamentos do projeto.....	41
Figura 10	Bico injetor de catalisador, circuito usado para comunicação e isolamento entre os periféricos e a porta paralela e suas ligações ..	44
Figura 11	Ligação entre o motor indutivo, inversor de frequência e o circuito de comunicação.....	45
Figura 12	Interface gráfica do projeto. Visão da leitura de sensores de temperatura e pH	48
Figura 13	Interface gráfica do projeto. Visão dos botões e inputs de texto de controle	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Exemplo de numeração de pinos da interface paralela.....	43
Tabela 2	Intervalo de valores de entrada para a função de manipulação de atuadores	46

1 Introdução

1.1 Contexto e Motivação

A matriz energética brasileira conta com uma participação notável de fontes renováveis de energia. Enquanto no Brasil essa parcela chega ao nível de mais de 45%, o percentual global não ultrapassa a casa dos 13%. Na distribuição das fontes de energia, 6% são representados por biomassa e energia eólica e, há planos governamentais para novos investimentos no setor de bioenergia (1).

Como parte da política de desenvolvimento da matriz energética brasileira, no ano de 2003 foi criado o Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel, onde definiu-se formas de financiamento e estrutura-se a base tecnológica para esse combustível. Já no ano de 2005, oficialmente o biodiesel é inserido na matriz energética brasileira por meio da Lei 11.097 de 13 de janeiro de 2005 (2).

A produção de biodiesel é estratégica para o Brasil, visando não apenas à independência energética do país, mas também à valorização dos produtores das matérias-primas oleaginosas envolvidas no processo de fabricação desse biocombustível. Ao diminuir a importação do diesel mineral, há impactos positivos na balança comercial além de geração interna de emprego e renda (3).

A produção desse biodiesel é feita em geral por uma reação química denominada transesterificação, que é a etapa fundamental de todo o processo (4). O monitoramento dessa reação, de acordo com o estado da arte, mostra métodos analíticos que envolvem equipamentos de alto custo, o que não caracteriza um processo contínuo compatível com a crescente demanda regulamentada (5).

Para atingir um processo de menor custo que supra essa demanda, é necessário um ferramental capaz de integrar conhecimentos multidisciplinares visando aos objetivos governamentais e também aprimorar o processo como um todo (6). Nesse contexto, observa-se que a Ciência da Computação possui técnicas que podem contribuir significativamente para o monitoramento e controle em tempo real do processo de produção, atuando desde a camada de *hardware* até o controle do sistema por meio de interfaces interativas com alto nível de abstração.

1.2 Objetivo Geral

Este projeto tem por objetivo geral desenvolver a instrumentação e automação para um sistema inovador de produção de biodiesel que opera em regime contínuo.

1.3 Objetivos Específicos

Afim de atingir o objetivo geral, foram determinados os seguintes objetivos específicos:

- Elaborar com o auxílio de um dispositivo de aquisição de dados um sistema que analise e atue de forma contínua durante a reação de transesterificação;
- Implementar a comunicação entre o dispositivo de aquisição de dados e o computador por meio de interface serial com um pacotes de dados em um padrão pré-definido na metodologia deste trabalho;
- Implementar a comunicação entre o inversor de frequência utilizado no sistema e o computador por meio de interface paralela.

- Implementar a comunicação entre o bico injetor de catalisador no sistema e o computador por meio de interface paralela.
- Implementar uma interface gráfica para permitir o controle do sistema de forma remota;

1.4 Estrutura do trabalho

Como forma de estruturar o trabalho, as seções de 2 à 4 correspondem a um referencial teórico sobre o que foi utilizado no desenvolvimento deste projeto. A seção 5 traz a sua metodologia de desenvolvimento, seguida pelos resultados na seção 6 e conclusões na 7.

- ***Biodiesel*** traz uma definição de biodiesel, sua forma de produção e alguns parâmetros legais. Alguns métodos de análise, de acordo com o estado da arte, são expostos e também discutidos.
- Feita, na seção anterior, a apresentação do combustível e algumas formas de analisá-lo, ***Aquisição de Dados e Controle*** mostra a importância da aquisição de dados e a possibilidade de sua aplicação na resolução dos problemas apresentados na seção anterior. Alguns trabalhos são apresentados e discutidos e uma revisão sobre dois protocolos de comunicação para computadores é feita. Esses protocolos são utilizados no desenvolvimento do trabalho.
- ***Datalogger Campbell™ CR1000*** contém informações sobre o dispositivo de aquisição de dados utilizado neste trabalho. A seção descreve as características de *hardware* e *software* do equipamento, trazendo também um exemplo de programa fonte.

- Em **Metodologia** é discutido o tipo de pesquisa realizado no trabalho, quais os materiais (*hardware* e *software*) utilizados em seu desenvolvimento, qual a ligação entre eles e a justificativa da sua utilização. Feito isso é apresentado o método desenvolvido em uma sequência de passos e depois com uma explicação mais detalhada de cada etapa.
- **Resultados e Discussão** traz a implementação do trabalho e seus resultados ligados à área de Ciência da Computação. Há uma divisão em três etapas: Aquisição de Dados, Controle de Equipamentos e Desenvolvimento da Interface. Essas etapas interagem entre si para formar o protótipo do projeto apresentado nesta monografia.
- Por fim, **Conclusão** mostra a ligação entre resultados obtidos com o desenvolvimento do trabalho e os objetivos propostos. Uma proposta de continuidade para o o trabalho também é apresentada.

2 Biodiesel

O biodiesel é uma fonte renovável de energia derivada de óleos vegetais, sendo uma alternativa energética ao uso de fontes não renováveis como o petróleo. Esses óleos são extraídos principalmente de sementes de plantas oleaginosas tais como pinhão-manso, macaúba, mamona, entre outras (7). Como matérias-primas para produção do biodiesel destacam-se também gorduras animais e óleos e gorduras residuais, como por exemplo o sebo bovino, o óleo de peixe e o óleo residual utilizado em frituras.

Quimicamente, esses óleos e gorduras são chamados triglicerídeos e, para obtenção de biodiesel a partir deles, é necessária uma reação conhecida por transesterificação, ilustrada na Figura 1. A reação possui uma característica de reversibilidade e, para desbalanceá-la a fim de favorecer a produção de biodiesel, a glicerina deve ser removida (4). Também é apresentado um exemplo de uma unidade de produção de biodiesel pelo método de transesterificação na Figura 2.

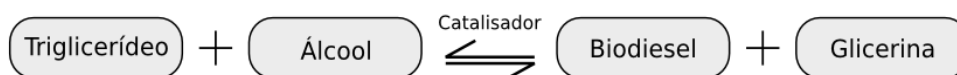


Figura 1: Esboço da reação de transesterificação

Além da transesterificação, (4) também elucida que o biodiesel é miscível no diesel mineral em todas as razões. É importante ressaltar que esta mistura não deve ser chamada de biodiesel. Frequentemente são utilizadas notações para demonstrar o percentual dessa mistura e, no caso da legislação brasileira, usa-se BX, sendo que X% representa o volume de biodiesel que deve ser adicionado ao diesel mineral, de forma a atender à legislação vigente (8), que regulamenta a forma de comercialização do produto final.



Figura 2: Unidade de produção de biodiesel pelo método de transesterificação

2.1 Métodos de análise

Segundo (9), um método analítico ideal para o controle do processo de produção de biodiesel deveria ser capaz de mensurar de forma rentável e com baixo custo suas propriedades, na escala de segundos ou menos, para o monitoramento *online*. Vale ressaltar, que esse monitoramento, pelo fato do produto ser um combustível, deve seguir um grande número de normas e padrões, tal como descrito por (10).

Como forma de avaliar o processo, (11) descreve um método onde é utilizado um reator associado a outros equipamentos eletrônicos de análise para caracterizar as impurezas oriundas do processo de produção. Nesse ponto, além de descrever

parâmetros importantes para os métodos de análise (analíticos e utilizando equipamentos eletrônicos), (12) utiliza o *software* Microsoft Excel 2003 para analisar os resultados obtidos. Esse fator motiva a criação de um sistema que utilize de métodos computacionais para aquisição dos dados e atuação sobre o processo com um tempo de resposta menor.

Outros métodos, tais como o desenvolvido por (13), são encontrados na literatura atual. Esses métodos demandam trabalho laboratorial, realizado por pessoal capacitado, no decorrer do processo, por meio da coleta de amostras para análise e posterior interpretação.

Já (14) propõe um método, classificado pelos autores como uma forma de controle *online*, para avaliar características físico-químicas ligadas à reação de transesterificação. São usados equipamentos de alto custo, além de *software* proprietário para a avaliação dos resultados obtidos, também justificando a criação de um sistema inovador que atenda às necessidades do mercado, porém se preocupando, em primeira instância, com o comportamento físico da reação.

Como forma de automatizar parte do processo, (15) desenvolve, juntamente com um modelo de reator próprio, um sistema de injeção de catalisador e agitação dos reagentes. Esse projeto conta com um *software* para a sua gerência desenvolvido no *Integrated Development Environment (IDE) Delphi*, mas não é possível a sua operação de forma remota, além de também não contar com ferramentas de aquisição de dados. Isso abre espaço para o desenvolvimento de uma ferramenta que possa aliar as características de controle do funcionamento em tempo real de um reator, faça a aquisição de dados dos seus parâmetros operacionais e seja passível de gerência *online*.

3 Aquisição de dados e Controle

O desenvolvimento tecnológico, a inovação e a confiabilidade são fatores primordiais para o sucesso de um produto no mercado. Com isso, a aquisição de dados sobre o funcionamento do equipamento em questão é um fator de importância, que visa identificar o quanto breve possível os potenciais erros no funcionamento e, com isso, diminuir as despesas com manutenção (16).

Para (17), dispositivos de aquisição de dados e controle que operem de forma *online* têm sido responsáveis pelo rápido crescimento e popularização da área de medição e atuação. Dessa forma, a aplicação de tais dispositivos em um sistema de produção de biodiesel mostra-se uma alternativa viável para os problemas apresentados na seção 2.

Para (18), a crescente demanda pela produção de biodiesel tem estimulado o desenvolvimento de plantas industriais que possam ser aplicadas para produção em pequena escala até mesmo por parte de pequenos produtores rurais. Para tanto foi desenvolvida uma planta que, segundo os autores, sem comprometer os parâmetros de qualidade, produtividade e segurança é capaz de produzir biodiesel em escala piloto com foco na automação do processo aplicando-se a pequenas propriedades rurais. A operação do sistema dá-se de forma manual, onde é possível controlar todos os atuadores sem a necessidade de respeitar a ordem imposta pelo sistema de controle ou de forma automática onde uma Interface Homem-Máquina (IHM) orienta o operador quanto às variáveis do sistema e seu funcionamento. Esse trabalho mostra a tendência de desenvolvimento de sistemas de auxílio na produção de biodiesel, mas também abre novas possibilidades para a implementação de sistemas *online* e que operem em modo contínuo sem a necessidade de um operador em tempo constante. Também é possível fazer o monitoramento em tempo real, de

forma remota, onde a análise dos dados colhidos seja simplificada e automática e a atuação sobre o sistema seja controlada automaticamente com base em algoritmos alimentados por esses dados.

Dentre as formas de se gerenciar um sistema, estão os sistema supervisórios, como elucida (19). O principal objetivo desse tipo de controle é coordenar uma série de subsistemas que atendam e realizem tarefas individuais ou em conjunto garantindo o bom funcionamento do sistema como um todo. No caso da produção de biodiesel, ainda é pequena a presença desse tipo de sistema, justificando o estudo em novos produtos que possam atender à necessidade de monitoramento e controle da produção e qualidade desse combustível.

Uma forma de monitorar e atuar sobre elementos de um equipamento é com a utilização de um dispositivo de aquisição de dados (*datalogger*). Esses dispositivos estão presentes em aplicações industriais, como por exemplo monitoramento de temperatura e umidade em caminhões de carga durante o transporte e descarga de alimentos (20) e também científicas, como em experimentos envolvendo aferições de temperatura e pressão de substâncias (21). Há no mercado também dispositivos capazes de além de monitorar sensores, atuarem em variáveis do ambiente (22). Essas características dos *dataloggers* mostram que o uso dessa tecnologia possibilita o desenvolvimento de soluções aplicadas à cadeia de produção do biodiesel com alta interação entre o sistema e seus responsáveis por meio do desenvolvimento de uma interface para a análise dos dados obtidos pelos sensores e também pelo desenvolvimento de algoritmos capazes de utilizar esses dados como entrada para atuar sobre o sistema mantendo-o dentro dos padrões operacionais.

Um sistema de aquisição de dados também tem a possibilidade de operar de forma *online* e, para que isso ocorra é necessário que ele se comunique por meio

de uma rede de computadores. Isso pode ser implementado como uma ferramenta web, conforme mostra (23) no desenvolvimento de uma aplicação que, implantada dentro do próprio microcontrolador do sistema embarcado, se comunica com a rede mundial de computadores para controle e aquisição de dados do sistema.

(24) demonstra um sistema a base de sensores capaz de monitorar *in situ* a viscosidade de óleos residuais no interior do reator durante a reação de transesterificação. Esse sistema apesar de poder trabalhar em regime contínuo não tem a possibilidade de atuar sobre a reação caso seja necessário, também justificando portanto a proposta da implementação da aquisição de dados e controle de um sistema inovador de produção de biodiesel.

3.1 Protocolos de Comunicação

Afim de tornar o sistema uma ferramenta *online* de controle e aquisição de dados, é necessário o uso de protocolos de comunicação que permitam essa interação com o usuário final. É preciso que a informação esteja disponível em tempo real para ser avaliada e utilizada no processo de tomada de decisão, seja remotamente pelo operador do sistema ou por um sistema auxiliar.

3.1.1 Comunicação Serial

A comunicação serial é uma forma tradicional de se transmitir dados entre computadores e dispositivos, ou mesmo outros computadores (25). Nela um *bit* de informação é transmitido por vez de um emissor para um receptor por meio de um caminho de dados e os estados para esses *bits* são usualmente denominados como *mark* para *bit* “ligado” e *space* para “desligado”.

A notação utilizada para quantificar os dados transmitidos é *bits* por segundo ou *baudot rate* (baud). O padrão *Portable Operating System Interface (POSIX)* especifica taxas que variam de 50 a 230400 *bits* por segundo.

Para a comunicação entre esses dois tipos de dispositivos existe uma série de padrões desenvolvida pela *Electronic Industries Association (EIA)* denominada *RS-232*. Essa padronização especifica os níveis de tensão utilizados e as características dos conectores dos cabos. Dentre as variações do padrão, a mais comumente utilizada, segundo (25), é a *RS-232C*, onde os níveis de tensão para *mark* variam de $-3V$ a $-12V$ e, para *space*, de $+3V$ a $+12V$. Valores fora desses intervalos são interpretados como ruído.

O padrão *RS-232* é do tipo assíncrono e, para tanto é necessário saber onde um caractere inicia e termina. O canal de comunicação permanece, quando em estado ocioso, em *mark* e, para que uma nova transmissão tenha início é necessário um *bit* de partida que por padrão é um *space*. Existe um *bit* de paridade opcional após os *bits* de dados que diz se há uma quantidade par ou ímpar de *bits* de dados em *mark*. Se o *bit* de paridade for do tipo “par”, quando houver uma quantidade par de *bits* de dados em *mark*, o *bit* de paridade estará em *space* ou, se a quantidade for ímpar, estará em *mark*. Já com a paridade tipo “ímpar” o processo é contrário, *mark* para quantidade par em *mark* e *space* para quantidade ímpar. Pode haver 1 ou 2 *bits* de parada e eles sempre estão em *mark*. Essas configurações da comunicação são especificadas antes do início do recebimento dos dados. Um exemplo de transmissão serial assíncrona está representado na Figura 3.

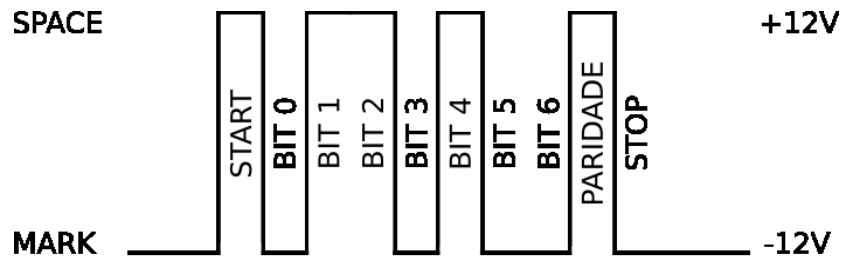


Figura 3: Exemplo de transmissão assíncrona de dados. 7 bits de dados, paridade par e 1 bit de parada (7E1)

3.1.2 Comunicação Paralela

Na comunicação paralela, diferentemente da serial, múltiplos bits podem ser transmitidos por unidade de tempo. Inicialmente desenvolvida para a comunicação com dispositivos de impressão, segundo (26), atualmente a porta paralela é utilizada para o controle do mais variado tipo de periféricos.

O hardware envolvido na montagem e controle da porta paralela, além de conectores e cabos usa o barramento de expansão do microprocessador, endereçamento e linhas de controle para transmitir dados entre a porta paralela e a CPU, memória ou outros componentes.

Segundo (26), grande parte das portas paralelas utiliza o conector no padrão *IEEE 1284-A*, também conhecido como *DB25* e ilustrado na figura . Nesse padrão, os valores de tensão para o nível lógico 0, variam entre 0V e 0,4V e, para o nível lógico 1, entre 3,1V e 5V.

Com o endereço de base para a primeira porta sendo 0x378 e para a segunda sendo 0x278, o controle delas pode ser feito, no caso de sistemas *Linux*, com o uso de uma família de funções de entrada e saída para desenvolvimento em baixo

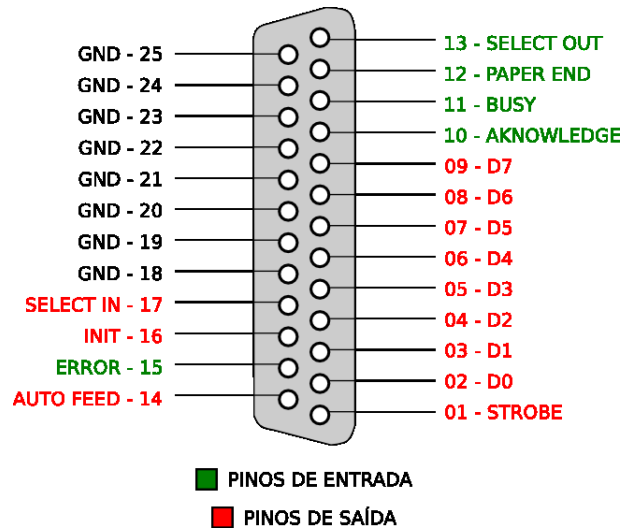


Figura 4: Conector DB25 fêmea, com nomeclatura dos pinos. Nota-se que diversos nomes derivam do surgimento da porta, relacionando-se com dispositivos de impressão

nível, como por exemplo as funções *inb* e *outb* (que fazem entre e saída *byte* a *byte*, respectivamente).

4 Datalogger Campbell™ CR1000

O datalogger Campbell™ CR1000, ilustrado na Figura 5, é um dispositivo de aquisição de dados desenvolvido pela *Campbell Scientific*, empresa norte-americana especializada em equipamentos de medição e controle.



Figura 5: Datalogger CR1000 com fonte de alimentação PS100

4.1 Características Físicas

Equipado com um microcontrolador H8S 2322 com uma CPU de 16 *bits* operando a 7,3MHz e com 2MiB de memória *flash* para o sistema operacional e 4MiB

para uso da CPU e armazenamento de dados e programa, esse *datalogger* possui as seguintes interfaces e capacidades (22):

- Entradas analógicas: 8 canais diferenciais ou 16 canais “*single-ended*”. A expansão da quantidade de canais pode ser realizada com um multiplexador específico.
- Saídas analógicas: 3 saídas, ativas apenas durante as medições, uma por vez, com tensões variando no intervalo de $\pm 2,5V$ e com regulagem variável em $0,67mV$.
- Portas de entrada/saída digitais: 8 portas gerenciáveis via *software*, que podem ser usar para desde interrupções e controle de dispositivos ou até comunicação assíncrona de dados (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter* - UART).
- Medição de resistência: medição de sensores do tipo ponte completa ou meia ponte, utilizando alguma das saídas analógicas como como tensão de excitação para o sensor.
- Saída de tensão de 12V controlada via *software*.
- Suporte para a interface *Serial Data Interface at 1200 Baud* (SDI-12), utilizada para comunicação com alguns tipos de sensores.
- *CS I/O Port*, uma interface de comunicação utilizada em modelos antigos de dispositivos de aquisição de dados da *Campbell* e mantida por motivos de compatibilidade.
- Uma interface serial RS-232 que opera na taxa de 300 a 115200 *bits* por segundo, com um *bit* de parada, oito de dados e nenhum de paridade (8N1).

- Uma interface paralela, de 40 pinos, para acoplamento de unidades de armazenamento de dados ou periféricos de comunicação, por exemplo.

4.2 Software

O CR1000, para a sua gerência, contém um sistema operacional que opera em conjunto com um programa de usuário desenvolvido em uma linguagem proprietária chamada *CRBASIC*. Esse programa controla todas as operações no dispositivo relacionadas a aquisição de dados, definição de variáveis, formato de tabelas de dados e controle de portas.

Para o desenvolvimento dessas aplicações são fornecidas ferramentas que podem ser usadas desde um nível maior de abstração até a manipulação direta do código na linguagem do dispositivo.

Como exibido na Figura 6, o aplicativo *CR1000 SCWin Short Cut* é uma forma simples, porém mais restrita, de se gerar programas para o *datalogger*. O desenvolvedor, após selecionar o intervalo de coleta de dados, deve apenas indicar quais os sensores e quantidades serão utilizados no seu experimento e qual será o formato da tabela de saída de dados. A aplicação também já indica a forma apropriada de se instalar os sensores no painel do *datalogger*.

Já para o desenvolvimento direto na linguagem *CRBASIC*, é fornecido juntamente um editor que contém suporte para as funções da linguagem, um compilador e depurador. Um exemplo de programa é dado no *Listing 1*, onde são executadas operações de leitura de temperatura de um sensor, controle de uma porta a partir dos dados dessa leitura e envio de dados formatados por meio da interface *RS-232*. Esse exemplo mostra características da linguagem, formas de atribuição e algumas de suas funções.

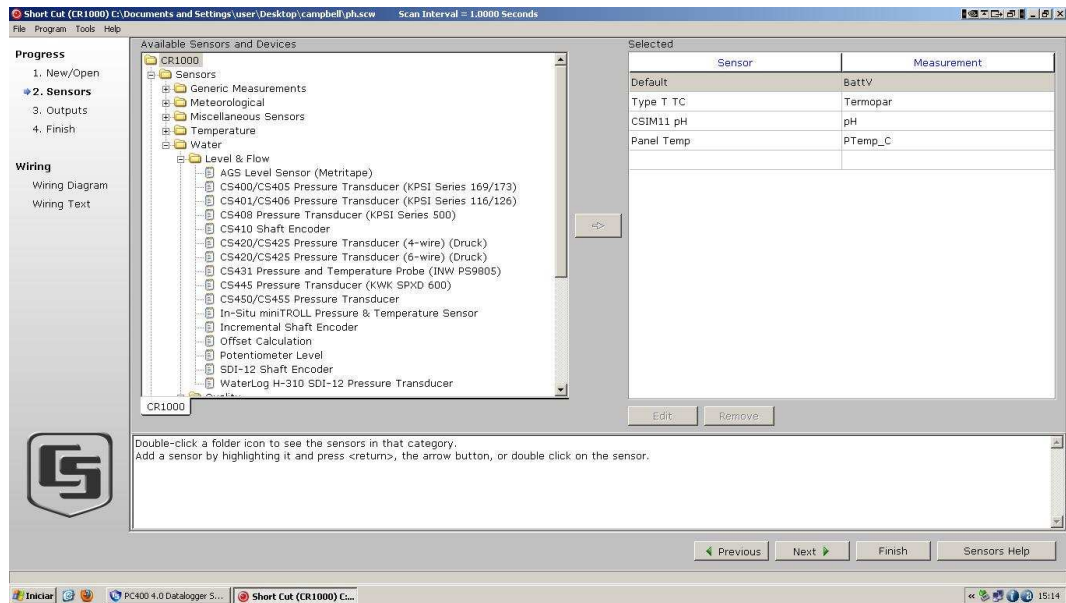


Figura 6: CR1000 SCWin Short Cut. Tela de seleção de sensores

Listing 1: Exemplo de programa na linguagem *CRBASIC*

```

Dim BattV
Dim PTemp_C
Dim Temp_C
Dim SerialOutString As String * 50
Dim SerialInString As String * 25
Dim InRecordSize As Long

Public InStringSplit(2) As String
Public SerialInPublic As String * 25
Public Led As Boolean

Alias InStringSplit(1) = ActionCode

```

Alias InStringSplit(2) = ActionValue

Units BattV=Volts

Units PTemp_C=Deg C

Units Temp_C=Deg C

DataTable (Testes , True , -1)

 DataInterval (0,1,Sec,10)

 Average (1, BattV, FP2, False)

 Average (1, PTemp_C, FP2, False)

 Average (1, Temp_C, FP2, False)

EndTable

BeginProg

 Scan(1, Sec, 1, 0)

 Battery (BattV)

 PanelTemp (PTemp_C, _60Hz)

 TCDiff(

 Temp_C, 1, mV2_5C, 1, TypeT,

 PTemp_C, True, 0, _60Hz, 1, 0

)

If Temp_C > 25 **Then**

 PortSet(1, True)

EndIf

```
SerialOutString = "^" & CHR(34) & Status.Timestamp &  
CHR(34) & ";" & CHR(34) & Temp_C & CHR(34) &  
"$" & CHR(13) & CHR(10)
```

```
SerialOpen(ComRS232,115200,0,0,10000)  
SerialOut(ComRS232,SerialOutString,"",0,100)
```

```
SerialInRecord(  
  ComRS232,  
  SerialInString ,  
  94,0,36,InRecordSize,01  
)
```

If InRecordSize <> 0 **Then**

```
  SerialInPublic = SerialInString
```

```
  SplitStr(InStringSplit(),SerialInString,"",2,0)
```

If ActionCode = "1" **AND** ActionValue = "1" **Then**

```
  PortSet(1,True)
```

ElseIf ActionCode = "1" **AND** ActionValue = "0" **Then**

```
  PortSet(1,False)
```

EndIf

```
EndIf  
  
PortGet (Led , 1)  
  
CallTable ( Testes )  
  
NextScan  
EndProg
```

Com os sensores e atuadores apropriados, é possível, com o uso do *CR1000*, montar os mais diversos tipos de experimentos de aquisição de dados e atuação no meio. Essas atividades vão desde medições meteorológicas a trabalhos na área de agricultura e testes com veículos (22).

5 Metodologia

Dado o interesse de controlar uma parte do processo de produção do biodiesel, esta seção apresenta o desenvolvimento de um projeto elaborado para monitorar e atuar durante a reação de transesterificação em um reator desenvolvido no “Núcleo de Estudos de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biocombustíveis” da Universidade Federal de Lavras.

O monitoramento é feito sobre aspectos físicos da produção, com possibilidade de atuar em tempo real no processo. A análise dos dados do processo certamente funcionará como um mecanismo auxiliar para a tomada de decisão dos responsáveis técnicos que controlam essa etapa da cadeia produtiva do biodiesel.

5.1 Tipo de Pesquisa

Segundo (27) e a partir de observações das características do projeto, esta pesquisa é de natureza tecnológica, com objetivos exploratórios e que utiliza de procedimentos experimentais em um trabalho realizado em laboratório.

Em relação a natureza, o projeto é de base tecnológico por objetivar a geração de um novo produto a partir da aplicação de conhecimentos da pesquisa básica, visando uma melhoria na produtividade de um processo existente.

Quanto aos objetivos, estes são de caráter exploratórios por visarem à descoberta de novas práticas que podem modificar as já consolidadas, gerando inovação tecnológica, ou seja, novos produtos ou processos.

Esta pesquisa utiliza de procedimentos experimentais pela sua finalidade de descobrir novos métodos para a geração de um novo produto de caráter tecnológico.

Quanto ao local de realização do trabalho, este pode ser classificado como uma pesquisa em laboratório, por utilizar de um ambiente onde algumas variáveis do processo foram controladas, principalmente por questões de segurança. A aplicação em campo do protótipo resultante deste trabalho está ligada a outros projetos em andamento no Laboratório de Pesquisa em Óleos, Gorduras e Biodiesel da Universidade Federal de Lavras.

5.2 Material

5.2.1 Área Experimental e Período

Os ensaios foram realizados durante o segundo semestre letivo do ano de 2012 no Laboratório de Pesquisa em Óleos, Gorduras e Biodiesel da Universidade Federal de Lavras.

5.2.2 Hardware e Software

Para o desenvolvimento do presente projeto, foram utilizados os seguintes *hardwares*, captados com recursos dos projetos gerenciados pelo Laboratório:

- *Datalogger CR1000*, fabricado pela *Campbell Scientific* para o armazenamento dos dados coletados pelos sensores. A comunicação entre este dispositivo e o computador é feita por meio de interface *RS-232*. A escolha desse equipamento foi devido a sua precisão nas medições, protocolos de

comunicação e disponibilidade para uso no laboratório onde o trabalho foi desenvolvido, além de uso há um longo tempo pela equipe do grupo de pesquisa.

- Um motor de indução de 220V trifásico e 2 polos fabricado pela WEG Automação, para agitação dos reagentes no interior do reator.
- Inversor de frequência *CFW-08*, fabricado pela WEG Automação, para o controle da rotação do motor de indução.
- Sensor de potencial hidrogeniônico (pH) para líquidos CSIM11 fabricado pela *Campbell Scientific*, em caráter experimental.
- Termopares do tipo T, para captura de temperatura, pelo fato de que a temperatura é um fator que influencia na velocidade da conversão dos triglicerídeos em biodiesel (28). A escolha desse tipo de termopar foi pelo seu intervalo de operação, que é da ordem de -200°C a $+350^{\circ}\text{C}$, embora esse intervalo não seja um limitante para os processos de fabricação d biodiesel.

Além do *hardware* envolvido, também foram utilizados os seguintes *softwares*, linguagens de programação e *frameworks*:

- *Campbell Scientific* PC400 versão 4.0, para o desenvolvimento da aplicação executável no dispositivo de aquisição de dados. Essa ferramenta é fornecida pelo próprio fabricante do equipamento e é necessária para a sua manipulação.
- *GNU Compiler Collection* (GCC) versão 4.5.2, para a compilação dos códigos em linguagem C.

- Servidor HTTP Apache versão 2.2.22, para fornecer acesso às páginas da interface *web* do sistema desenvolvido.
- Linguagem de programação C, no padrão *American National Standards Institute* (ANSI).
- Linguagem de programação PHP, na versão 5.3.8.
- *Framework Highcharts* desenvolvido em linguagem *JavaScript*, para a geração de gráficos na interface gráfica. A opção por esse *framework* para o desenvolvimento da interface foi devido ao fato de além de prover as ferramentas necessárias para essa etapa do projeto, ter disponível uma documentação *online*, suporte a diversos navegadores disponíveis no mercado e a possibilidade de trabalhar *offline*, diferentemente do *Google Charts*, que era uma outra possibilidade para uso no trabalho.

O sistema operacional utilizado no funcionamento do projeto foi o *Slackware Linux* versão 13.37 32 bits. Essa opção deu-se ao fato dele seguir a licença de distribuição GNU *General Public License* (GNU GPL) e manter uma política de prezar pela simplicidade e estabilidade (29).

5.3 Métodos

O método utilizado neste trabalho é o enumerado a seguir:

1. Ligar os sensores ao dispositivo de aquisição de dados.
2. Ligar os atuadores na interface paralela do computador.
3. Ligar o dispositivo de aquisição de dados ao computador por meio de interface serial.

4. Ler os dados dos sensores e gravá-los no computador.
5. Desenvolver interface gráfica para interpretar os dados dos sensores e controlar os atuadores.

Dados os passos descritos anteriormente, descreve-se a forma, a aquisição e o controle do sistema proposto.

A aquisição é feita com um dispositivo *datalogger* e um conjunto de sensores que é utilizado na aplicação onde, por meio do desenvolvimento de um programa para o *datalogger*, tem-se uma saída periódica das leituras dos sensores em um formato pré-determinado. Esses dados são enviados ao computador e lá armazenados para posterior utilização na interface.

A proposta de integração deste projeto com o reator desenvolvido no Laboratório envolve o controle da injeção de catalisador e o controle da agitação da mistura dos reagentes no interior do reator. Para tanto é proposto um método que utiliza um bico injetor baseado em solenoides que é controlado pela interface paralela do computador para a injeção de catalisador e, um motor de indução, que tem seu sentido e velocidade de giro manipulados por frequência, para a agitação dos reagentes no interior do reator que também é controlado pela interface paralela do computador.

Como forma de gerenciar o funcionamento dos equipamentos do sistema e ser uma ferramenta de análise dos dados coletados pelos sensores, o método utilizado propõe uma interface interativa que usa de gráficos e *gauges* para exibir os dados coletados e armazenados pelo computador em tempo real e também contém botões e *inputs* de texto que controlam o funcionamento do motor de indução e do bico injetor.

Um esquemático em alto nível do método de desenvolvimento aplicado no projeto pode ser visto na Figura 7.

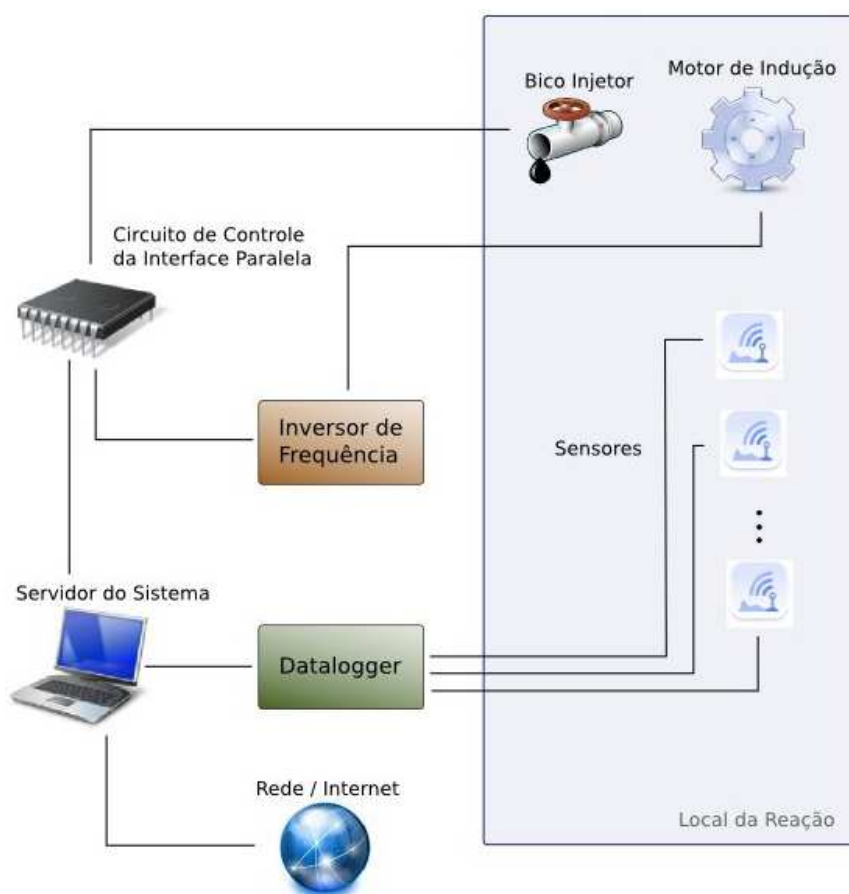


Figura 7: Esquema em alto nível do método desenvolvido no trabalho

6 Resultados e Discussão

Os resultados deste trabalho foram obtidos em três etapas: sistema de aquisição de dados, controle de equipamentos e a interface do usuário, esta que gerencia todo o funcionamento do projeto.

Nesta seção são apresentados os resultados relacionados à área de Ciência da Computação.

6.1 Aquisição de dados

A aquisição de dados de teste para o projeto envolveu um dispositivo *data-logger Campbell CR1000*, termopares tipo T, um sensor *Campbell CSIM11* para medição de potencial hidrogeniônico (pH) em líquidos e o *software* para a leitura dos dados vindos da interface serial do *datalogger*. A montagem dos sensores no painel do dispositivo de aquisição de dados foi feita de acordo com a indicação passada pelo próprio *software SCWin Short Cut*, que indica em quais pinos do painel deve ser ligado cada cabo de cada sensor. Outras alterações no programa do dispositivo de aquisição de dados foram feitas diretamente no seu código fonte para padronizar o formato de saída de dados e enviá-los através de interface serial para o computador.

Os dados do dispositivo são lidos a cada segundo, e montados em uma saída padrão que é enviada para a interface serial. Essa saída é uma linha formatada no padrão *JavaScript Object Notation* (JSON) e com um terminador de linha composto por um *carriage return* (`\r`) e um *line feed* (`\n`), como pode ser visto no exemplo onde são exibidas duas linhas de uma leitura de pH e temperatura de uma solução neutra:

```

{"date":"2013-02-28 12:28:41.06";"pH":"7.103";"temperatura":"24.719"}
{"date":"2013-02-28 12:28:42.06";"pH":"7.109";"temperatura":"24.635"}

```

Um programa escrito na linguagem C, faz a configuração da porta serial do computador de modo a operar em conjunto com o *datalogger* e executa um *looping* infinito lendo os dados de entrada da porta e gravando-os em um arquivo de saída chamado "*datalogger_data.dat*". Em adicional, esse programa também possui um modo que simula dados quando não existe o arquivo de dispositivo para a porta especificada. E como forma de interromper a execução do *looping* e restaurar as configurações originais do arquivo do dispositivo da porta, o programa faz uso de uma função chamada por meio do tratamento de um *SIGINT* recebido do sistema.

O tratamento desse sinal de sistema mencionado anteriormente é feito vinculando um sinal a uma função no programa. Essa função é chamada toda vez que o programa receber o sinal a ela vinculado. Para associar um sinal a uma função, usa-se uma expressão da seguinte forma:

```
signal (SIGINT, tratar_termino);
```

Com a função implementada sendo a seguinte:

```

void tratar_termino () {

    /* Restauramos imediatamente as configuracoes
    * antigas da porta serial caso o sinal
    * seja disparado */
    tcsetattr (fd_tty , TCSANOW, &old_termios);

    fclose (output_file);

```

```
exit (EXIT_SUCCESS);  
  
}
```

E, para enviar o sinal para o processo, pode se fazer:

\$ killall -s 30 serial_read (ou ao utilizar o descritor do processo, usar a chamada *kill*)

A linha de execução para que o programa seja executado lendo o arquivo de dispositivo correspondente à porta serial especificada é dada por (considerando que o executável esteja no diretório atual):

\$/serial_read

Caso o comando acima não consiga ler o arquivo de dispositivo da porta, automaticamente é executado o modo de simulação e linhas no formato JSON são geradas aleatoriamente e gravadas no arquivo de saída.

Para entrar direto em modo de simulação, deve ser adicionado o argumento *-s* à chamada do programa, desda forma:

\$/serial_read -s

Os dados coletados e armazenados pela aplicação em C são exibidos pela *interface* gráfica em forma de gráficos em tempo real e também podem ser usados na geração de relatórios. Essas características do projeto são discutidas no tópico 6.3.

Uma demonstração do resultado obtido com a etapa do projeto que envolve o *hardware* de aquisição de dados pode ser visto na Figura 8. Além do *datalogger*,

foi utilizado um sensor de pH e um termopar, cujos modelos já foram citados nesta seção, para a medição de uma solução neutra. A medição de temperatura, além de ser um fator de influência na velocidade da conversão de triglicerídeos em biodiesel, neste caso também é utilizada como referência para o sensor de pH.

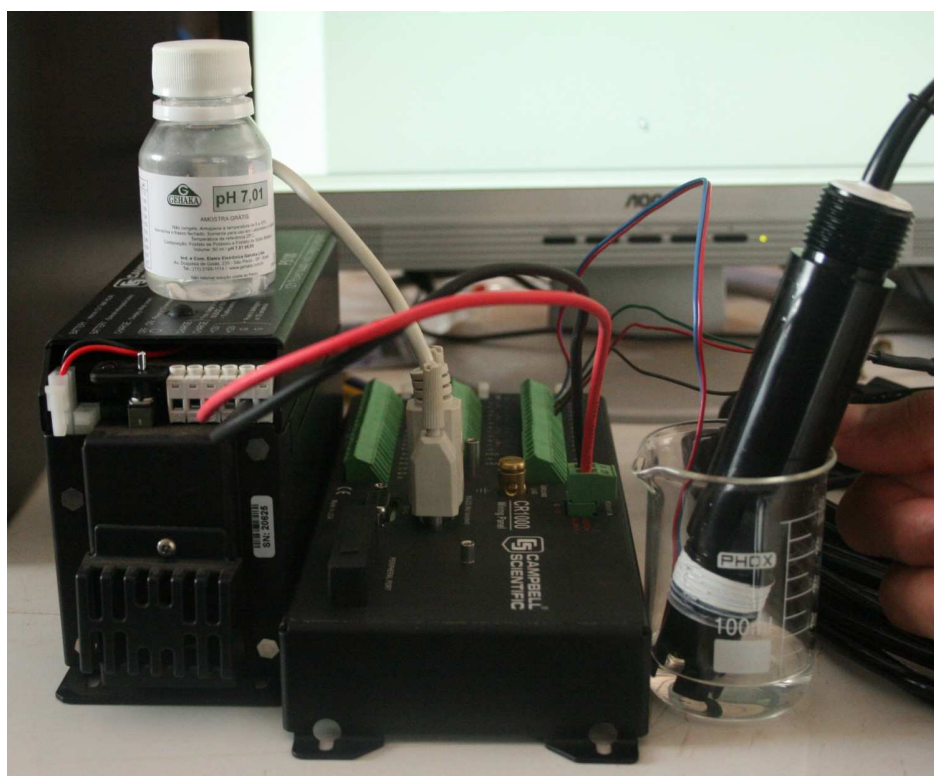


Figura 8: Montagem de teste do *hardware* de aquisição de dados

6.2 Controle de Equipamentos

Essa etapa do projeto envolveu o controle do motor de indução usado na agitação da mistura no interior do reator e o bico injetor de catalisador. A base desse processo está no uso de comunicação paralela para o controle dos *bourmes* do in-

versor de frequência e dos pinos do bico injetor, por meio de um circuito cujo esquema elétrico é demonstrado na Figura 9.

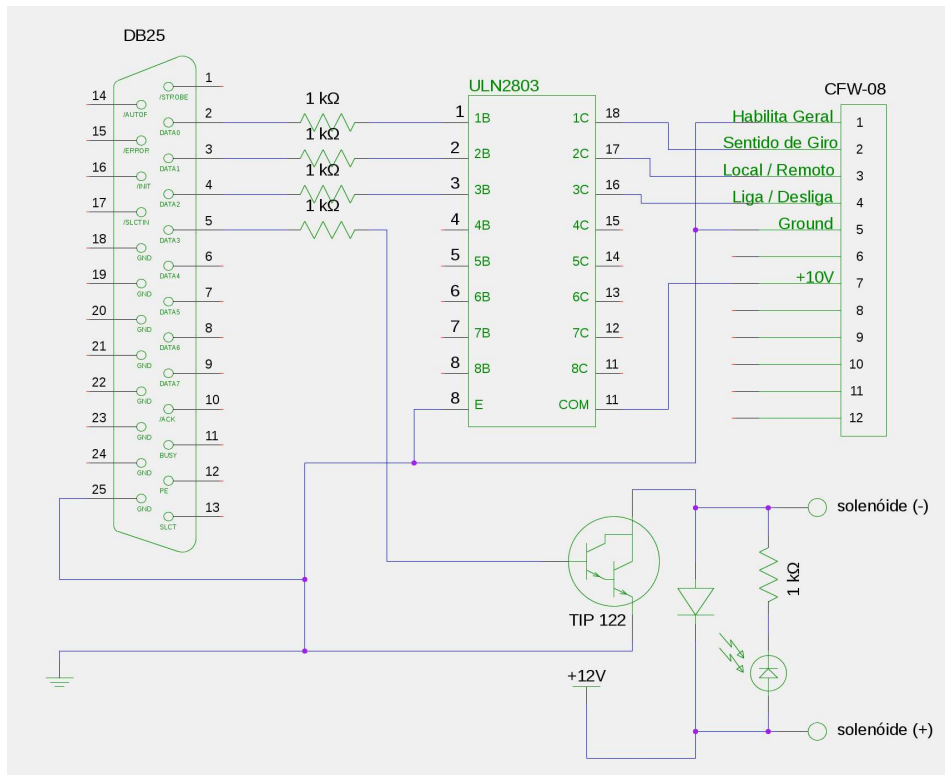


Figura 9: Diagrama da montagem do controle dos equipamentos do projeto

Para a agitação da mistura no interior do reator, um motor de indução deve ter seu sentido de rotação invertido durante certos intervalos de tempos. Esse período desse ser maior em um dos sentidos tal que proporcione um avanço da mistura no interior do reator gerando uma vazão de saída. No motor do tipo indutivo a tensão trifásica aplicada nos terminais do estator do motor gera, de acordo com a Lei de Indução de *Faraday*, um fluxo magnético induzido, por unidade de tempo ($\mathcal{E} = \oint_c \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\phi_m}{dt}$), no rotor que tem sua energia convertida em energia mecânica que o gira o rotor em uma frequência (N_r) dada pela relação entre a frequência

da corrente trifásica de entrada (f) e o número de polos do rotor (P), conforme expresso abaixo:

$$N_s = \frac{120 * f}{P}$$

A partir dessa relação, que desconsidera o percentual de escorregamento de um motor de indução, a solução desenvolvida usa um inversor de frequência para a manter a frequência do motor em um valor fixo e também controla a variação de sentido nos intervalos determinados na interface do usuário. Com isso, foi desenvolvido um programa em linguagem C que controla os pinos da porta paralela conectados ao inversor e responsáveis por ligar, desligar e inverter o sentido de rotação do motor. Esse controle é feito pelo tratamento de interrupções do sistema enviadas ao programa, sendo elas *SIGUSR1* para disparar a função que liga ou desliga o motor e *SIGUSR2* para inverter o seu sentido de giro. Em especial, a inversão de sentido de giro também pode ser tratada dinamicamente no programa pela leitura, a cada de segundo, de um arquivo chamado “*motor.dat*” onde está escrita uma única linha que contém dois números inteiros positivos, separados por vírgula, representando segundos, sendo o primeiro obrigatoriamente menor. Essa diferença nos valores dos número é devido ao fato de que a inversão de sentido do motor deve prover um avanço da mistura no interior do reator gerando uma vazão de saída. Caso os valores da primeira linha do arquivo não respeitem as restrições impostas, o programa é inicializado com o pino da porta paralela responsável pelo motor desativado, como forma de proteger o sistema, pressupondo que possa ter havido alguma interferência maliciosa no arquivo.

O controle da porta paralela via *software* é feito por uma instrução que trata cada pino de dados (Dx , onde x identifica o pino) a partir de uma representação

Tabela 1: Exemplo de numeração de pinos da interface paralela

Pinos	Decimal	Binário	Hexadecimal
-	0	00000000	0x0
D0	1	00000001	0x1
D1	2	00000010	0x2
D0, D1, D2	7	00000111	0x7
D4, D6	33	01010000	0x50
D0 a D7	255	11111111	0xFF

binária de uma potência de 2 e o somatório desses números representa a ativação de diversos pinos, como pode ser visto no exemplo da Tabela 1.

Como forma de injetar o catalisador na mistura o projeto utilizou um bico injetor baseado em solenoides, alimentado por uma tensão de +12V e ativado pelo coletor de um transistor *darlington* NPN TIP122. Para evitar que, como elucidado pela Lei de *Lenz*, uma tensão induzida no sentido oposto ao da tensão na solenoide danifique o circuito assim que desativado, é utilizado um diodo polarizado inversamente para proteção. O controle dessa injeção é feito via interface paralela com o auxílio de um *software* em linguagem C que manipula o intervalo de abertura e fechamento do bico em microssegundos. Esse período pode ser alterado dinamicamente no programa pela leitura, a cada de segundo, de um arquivo chamado "*bico.dat*" onde está escrita uma única linha que contém um número inteiro positivo entre [0, 1000000] que representa o intervalo de abertura e fechamento da solenoide. Caso o valor na primeira linha do arquivo seja um número fora da faixa limite ou não seja um número, o pino responsável pelo bico injetor é desativado como forma de proteger o sistema, pressupondo que possa ter havido alguma interferência maliciosa no arquivo.

Os resultados da montagem do *hardware* do controle de equipamentos podem ser vistos em duas imagens. A Figura 10 exibe o bico injetor de catalisador, o cir-

cuito usado para comunicação e isolamento entre os periféricos e a porta paralela e suas ligações. Já a Figura 11 mostra a ligação entre o motor indutivo, inversor de frequência e o circuito de comunicação.

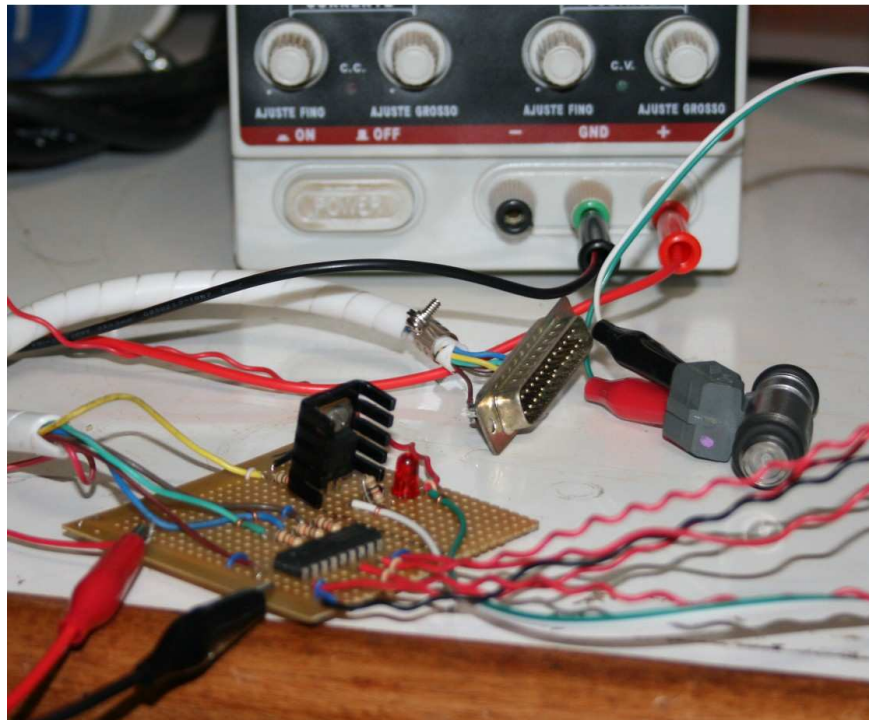


Figura 10: Bico injetor de catalisador, circuito usado para comunicação e isolamento entre os periféricos e a porta paralela e suas ligações

6.3 Desenvolvimento da Interface

A interface do projeto é responsável pela renderização em tempo real dos dados coletados pelos sensores e também por ser uma ferramenta de controle, considerando que é por meio dela que o responsável pelo sistema manipula a frequência de inversão do motor indutivo e também o tempo de abertura e fechamento do bico injetor.

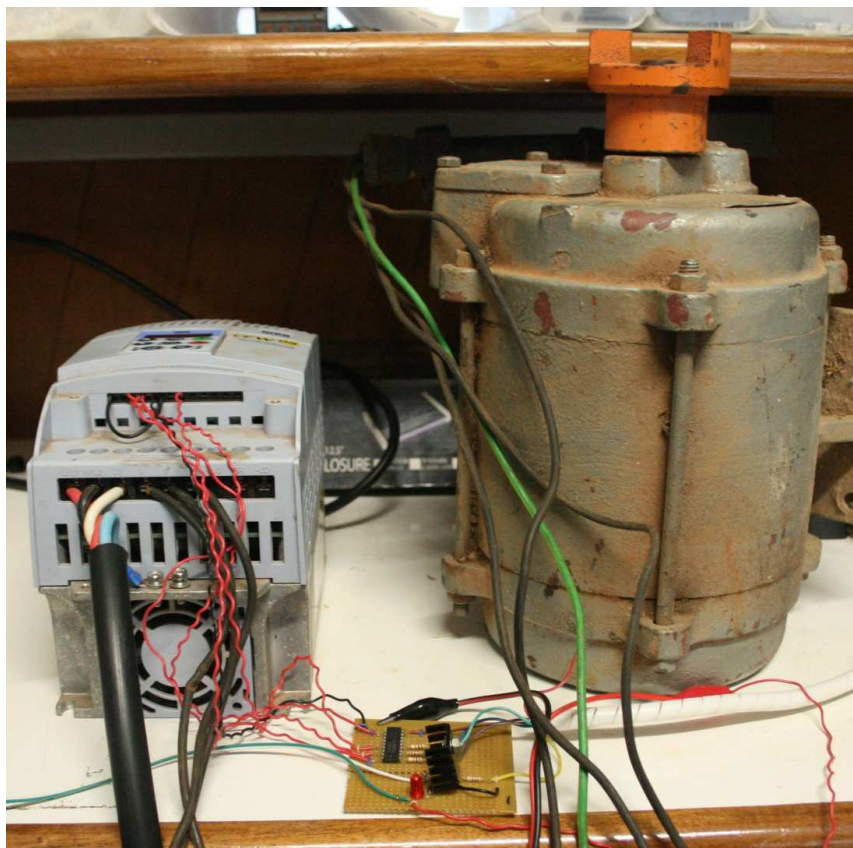


Figura 11: Ligação entre o motor indutivo, inversor de frequência e o circuito de comunicação

Para a renderização dos dados dos sensores, foi desenvolvido em linguagem PHP, uma função que, a cada segundo, faz a leitura da última linha do arquivo “*datalogger_data.dat*”, que contém um JSON, como mostrado no tópico 6.1. Essa função também retorna um JSON que é o resultado dos dados dessa linha filtrados, ou seja, só alguns campos dela são retornados, dependendo da entrada da função. A chamada dessa função pode ser feita da seguinte forma (a partir de *localhost* e considerando o diretório raiz da aplicação como sendo “monografia” e o parâmetro da função passado por “campos” - sistema em modo de simulação):

Tabela 2: Intervalo de valores de entrada para a função de manipulação de atuadores

Campo	Intervalo	Unidade
ligar	[0,1]	-
bico	[0,1000000]	μs
motor	$\{(x, y) \in (\mathbb{N}, \mathbb{N}) \mid x < y\}$	(s, s)

`http://localhost/monografia/get_data.php?campos=["t1","t2"]`

Com uma entrada

`{"date":"2013-03-10 16:37:12.29";"t0":"61";"t1":"39";"t2":"58";"t3":"12"}`,

a execução do *Uniform Resource Locator* (URL) anterior produziu a saída

`{"date":"2013-03-10 16:37:12.29";"t1":"39";"t2":"58"}`.

A obtenção desse JSON pela interface foi feita por meio de uma requisição *Asynchronous Javascript and XML* (AJAX) que utilizou um URL no padrão mostrado anteriormente. A partir desses dados, com o uso do *framework Highcharts*, foram renderizados os gráficos e *gauges* para a visualização do usuário, que são atualizados a cada segundo.

O controle dos equipamentos na interface foi feito com *inputs* de texto e botões. Cada ação dispara uma chamada AJAX com um URL no formato:

`http://localhost/monografia/set_data.php?`

`campos={"ligar":1;"bico":500000;"motor":[2,3]}`

O URL exibido diz para o motor ser acionado, especifica o intervalo de abertura e fechamento do bico injetor (500000 μs) e o tempo de retrocesso e avanço do motor (respectivamente 2 e 3 segundos). A Tabela 2 mostra a faixa de valores possíveis para cada campo de “*set_data.php*”.

Para ligar ou desligar o motor, a função criada em PHP em “*set_data.php*” envia um *SIGUSR1* para o processo chamado *parallel_control*, por meio da chamada de sistema *kill*. E, para ajustes dinâmicos nos tempos do bico injetor e do motor indutivo, o valor da posição “bico” do JSON de entrada é gravado na primeira linha do arquivo “*bico.dat*” e a dupla de valores de “motor” é gravada, separada por vírgula, na primeira linha de “*motor.dat*”. Esses arquivos, como discutido no tópico 6.2 são analisados a cada segundo.

Uma visão da interface desenvolvida nesta etapa do projeto pode ser vista em duas imagens. Na Figura 12, é mostrada a aquisição de dados de um sensor de pH e de um sensor de temperatura, sendo o primeiro exibido em um gráfico de linhas e o segundo em um *gauge*. Já a Figura 13 mostra os botões e *inputs* de texto de controle de atuadores do sistema. Os dados utilizados na leitura dos sensores provêm de simulações e há a possibilidade de rápida alteração entre os tipos de gráficos e suas características.

Aquisição de Dados e Controle de Sistema Inovador de Produção de Biodiesel

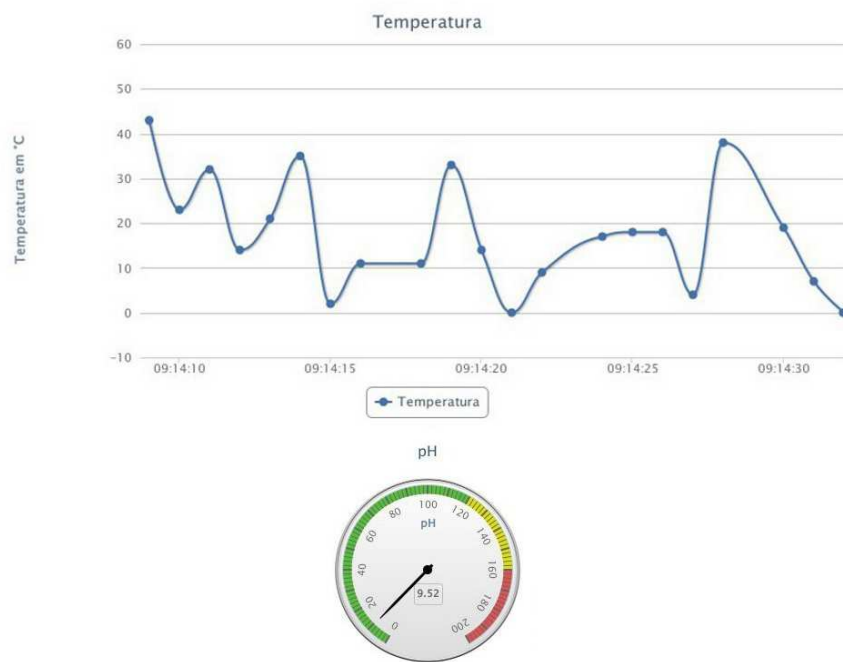


Figura 12: Interface gráfica do projeto. Visão da leitura de sensores de temperatura e pH



Figura 13: Interface gráfica do projeto. Visão dos botões e *inputs* de texto de controle

7 Conclusão

7.1 Conclusão

Com base na metodologia desenvolvida e nos resultados obtidos neste trabalho, conclui-se que:

- Com o auxílio do equipamento de aquisição de dados e o *software* desenvolvido, poupa-se o tempo que poderia ser gasto com coletas periódicas no reator e análises em laboratório. O processo desenvolvido é realizado em tempo real e sem interferência humana, sendo uma ferramenta de suporte para a tomada de decisão para o operador do sistema.
- O controle dos equipamentos foi feito de forma que o usuário possa manipular as variáveis de rotação do motor indutivo e de abertura e fechamento do bico injetor de catalisador com o uso simples de botões e *inputs* de texto, com ação imediata sobre o sistema.
- Os testes de integração entre as etapas de Aquisição de Dados, Controle de Equipamentos e Desenvolvimento de Interface mostraram a capacidade do projeto em monitorar e atuar sobre características físicas de um sistema inovador de produção de biodiesel, sendo uma ferramenta que opera em tempo real e com o uso de uma interface gráfica *online*. A partir desse protótipo final espera-se uma ferramenta que atue de forma diferencial na cadeia de produção do biodiesel.

7.2 Trabalhos Futuros

Tendo em vista a continuação do desenvolvimento deste projeto, além de seu aprimoramento, propõe-se os seguintes trabalhos futuros:

- Integração entre o sistema de aquisição de dados e controle e os dois reatores de transesterificação, sendo o primeiro de processo contínuo e o segundo contínuo ou em batelada, para adequação do biodiesel nos padrões aceitáveis.
- Implementar o controle da variação de frequência do motor de indução via *software*, visto que atualmente apenas o sentido de giro pode ser manipulado dessa forma. Esse controle, a partir da saída de um pino de dados na interface paralela, pode ser feito convertendo este sinal digital para um sinal analógico com o uso de uma rede em escada R-R2.
- Substituição do inversor de frequência WEG CFW-08 pelo modelo CFW-10, que trabalha com alimentação monofásica e faz a conversão para saída trifásica internamente.
- Para melhor controle da dosagem de catalisador injetado no reator, inclusão de um transdutor de pressão antes da entrada do catalisador no bico injetor. Por meio dos dados obtidos do transdutor, via *software*, será possível calcular o tempo ideal de abertura e fechamento do bico, injetando no reator a quantidade necessária de catalisador conforme os padrões estabelecidos.

Referências Bibliográficas

- 1 BRASIL, P. *Matriz Brasileira*. Acessado em 10/12/2012. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/matriz-energetica>>.
- 2 MME, M. d. M. e. E. *Biodiesel - Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel*. Acessado em 10/12/2012. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/programas/biodiesel/menu/programa/historico.html>>.
- 3 CNPE, C. N. d. P. E. *Resolução Nº 2, de 13 de Março de 2008*. 2008. Diário Oficial da União em 14 de março de 2008. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>.
- 4 KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J. *The Biodiesel Handbook*. 1. ed. [S.l.]: AOCS Press, 2005. 319 p. ISBN 978-1893997790.
- 5 CNPE, C. N. d. P. E. *Resolução Nº 6, de 16 de Setembro de 2009*. 2009. Diário Oficial da União em em 26 de outubro de 2009. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br>>.
- 6 BRASIL, C. C. d. P. d. R. *Lei 11.097, de 13 de janeiro de 2005*. 2005. Diário Oficial da União em 14 de janeiro de 2005. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2005/Lei/L11097.htm>.
- 7 PARENTE, E. J. d. S. *Processo de Produção de Combustíveis a Partir de Frutos ou Sementes Oleaginosas – Biodiesel*. Outubro 1983. Patente: Privilégio de Inovação, PI8007957, 14 de junho de 1983 (depósito); 08 de outubro de 1983 (concessão).
- 8 ANP, A. N. d. P. G. N. e. B. *Resolução Nº 7, de 19 de março de 2008*. 2009. Diário Oficial da União em 20 de março de 2008. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br>>.

- 9 KNOTHE, G. Analytical methods used in the production and fuel quality assessment of biodiesel. *Transactions of The American Society of Agricultural Engineers*, Power Machinery Division of ASAE, v. 44, p. 193–200, 2001. Disponível em: <<http://ddr.nal.usda.gov/bitstream/10113/24651/1/IND23267490.pdf>>.
- 10 KNOTHE, G. Analyzing biodiesel: standards and other methods. *Journal of American Oil Chemists Society*, v. 83, p. 823–833, 2006. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1007/s11746-006-5033-y>>.
- 11 MOTA, S. A. P. da; LHAMAS, D. E. L.; CORRÊA, N. C. F.; URAKAWA, B. A. de M.; MACHADO, N. T.; FRANÇA, L. F. de. Análise da qualidade do biodiesel, produzido a partir do processo de transesterificação por via etanólica do Óleo de tucumã (*astrocaryum vulgare*). In: *Anais do 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais e Biodiesel*. 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais e Biodiesel, 2009. p. 1778–1785. Disponível em: <<http://oleo.ufla.br/site/trabalhos/#!/codigo/fea30ad5fdd74ee26735cee99ac89b29>>.
- 12 MORAIS, V. S. de; JÚNIOR, R. F.; RODRIGUES Érica V. A.; SENA, D. R. de; BRANDÃO, G. P.; CARNEIRO, M. T. W. D. Avaliação comparativa de parâmetros físico-químicos do biodiesel obtido a partir de Óleos residuais de fritura com diferentes históricos de produção. In: *Anais do 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais e Biodiesel*. 6º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos Vegetais e Biodiesel, 2009. p. 1318–1330. Disponível em: <<http://oleo.ufla.br/site/trabalhos/#!/codigo/37c3f40f43e7cbefd7eca6781f24a296>>.
- 13 SILVA SANDRO MARCIO LIMA, L. H. d. C. A. E. S. Maryleide Ventura da. Monitoramento do processo de transesterificação do biodiesel via espectroscopia óptica. In: *Anais do 4º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 7º Congresso Brasileiro de Plantas Olea-*

ginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel. 4^o Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 7^o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2010. p. 953–954. Disponível em: <<http://oleo.ufla.br/site/trabalhos/#!/codigo/dc9f78973c16bef7549d1a8ed7a8a6c6>>.

14 LIMA, S. M. de; ARAÚJO, T. L. de; FURTADO, B.; PIMENTEL, M. F. Monitoramento on-line da reação de transesterificação na produção de biodiesel utilizando a espectroscopia no infravermelho próximo. In: *Anais do 4^o Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 7^o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel*. 4^o Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 7^o Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2010. p. 1301–1302. Disponível em: <<http://oleo.ufla.br/site/trabalhos/#!/codigo/e3916a1a7fa81d9257efcb4db1b4bafb>>.

15 BROEK, K. W. V. D. *Construção e Ensaio de Reator Contínuo para a Produção de Biodiesel*. 2011.

16 GOULÃO, V.; PAULO, R.; SALVADO, J.; MARTINS, G.; GRANJEIA, A. A new monitoring and data logger system for industrial cooling equipment applications. In: *IEEE International Conference on Computer as a Tool (EUROCON)*. [s.n.], 2011. p. 1–3. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/EUROCON.2011.5929329>>.

17 MANIVANNAN, M.; KUMARESAN, N. Design of on-line interactive data acquisition and control system for embedded real time applications. In: *IEEE International Conference on Emerging Trends in Electrical and Computer Technology (ICETECT)*. [s.n.], 2011. p. 551–556. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/ICETECT.2011.5760179>>.

- 18 WORM, H.; KLAMT, R. A.; KAERCHER, J. A.; MOLZ, R. F.; SCHNEIDER, R. de Cassia de S.; COSTA, A. B. da. Automação de uma planta piloto para a produção de biodiesel para pequenas propriedades rurais. In: *Anais do 5º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 8º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel*. [S.l.]: 4º Congresso da Rede Brasileira de Tecnologia de Biodiesel e 7º Congresso Brasileiro de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biodiesel, 2012. v. 2, p. 931–932.
- 19 QUEIROZ, M. H. de; CURY, J. E. R. Controle supervisão modular de sistemas de manufatura. *Controle Automação Sociedade Brasileira de Automatica*, v. 13, p. 123–133, 2002.
- 20 FIGURA, L.; CH, B. Use of temperature- and humidity-dataloggers in food engineering. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, v. 52, p. 45–52, 1998.
- 21 AMRANI, D. Determination of absolute zero using a computer-based laboratory. *Physics Education*, v. 42, p. 304–307, 2007. ISSN 0031-9120.
- 22 SCIENTIFIC, C. *CR1000 Measurement and Control System*. 2011.
- 23 ARAÚJO, T. A. de. *SGM-W: Sistema Para Gerenciamento de Microcontroladores via Interface Web*. 2008. Disponível em: <<http://www.bcc.ufla.br/monografias/2007/SegundaTurma.html>>.
- 24 ELLIS, N.; GUAN, F.; CHEN, T.; POON, C. Monitoring biodiesel production (transesterification) using in situ viscometer. *Chemical Engineering Journal*, v. 138, n. 1-3, p. 200–206, 2008. ISSN 1385-8947. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2007.06.034>>.
- 25 MACHACEK, J.; DRAPELA, J. Control of serial port (rs-232) communication in labview. In: *Modern Technique and Technolo-*

gies. [s.n.], 2008. p. 36–40. ISBN 978-1-4244-1609-7. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1109/SPCMTT.2008.4897488>>.

26 AXELSON, J. *Parallel Port Complete*. [S.l.]: Lakeview Research, 1996. 343 p. ISBN 0-9650819-1-5.

27 JUNG, C. F. *Metodologia para pesquisa e desenvolvimento: aplicada a novas tecnologias, produtos e processos*. [S.l.]: Axcel Books, 2004. ISBN 9788573232332.

28 NOUREDDINI, H.; ZHU, D. Kinetics of transesterification of soybean oil. *Journal of American Oil Chemistry Society*, v. 74, n. 11, p. 1457–1463, 1997.

29 VOLKERDING, P. *Slackware Linux Project*. Acessado em 26/02/2013. Disponível em: <<http://www.slackware.com/info/>>.