UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

JOÃO VITOR FERREIRA DUQUE
THIAGO ROCHA SCHAEFFER

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA PARA DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE RESÍDUOS PLÁSTICOS OBJETIVANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL

VITÓRIA
2011

JOÃO VITOR FERREIRA DUQUE
THIAGO ROCHA SCHAEFFER

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA PARA DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE RESÍDUOS PLÁSTICOS OBJETIVANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL

Projeto de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Orientador: Prof. Elias Antônio Dalvi, M.Sc.

VITÓRIA
2011

JOÃO VITOR FERREIRA DUQUE
THIAGO ROCHA SCHAEFFER

DESENVOLVIMENTO DE UMA BANCADA PARA DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE RESÍDUOS PLÁSTICOS OBJETIVANDO A PRODUÇÃO DE ÓLEO COMBUSTÍVEL

Projeto de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Engenharia Mecânica do Centro Tecnológico da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Mecânico.

Aprovado em ____ de _____ de 2011.

COMISSÃO EXAMINADORA

_____
Prof. Elias Antônio Dalvi, M.Sc.
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

_____
Prof. João Luiz Marcon Donatelli, D.Sc.
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

_____
Prof. Márcio Ferreira Martins, D.Sc.
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradecemos as nossas famílias e a quem amamos por tudo que eles puderam depositar de confiança em nós, agradecemos ao nosso orientador que acreditou no desafio e ajudou-nos a concretizar. Agradecemos aos ocentes que nos ajudaram fornecendo todo o conhecimento que nos foi passado fortalecendo nossa habilidade de raciocinar sobre um problema e com isso desenvolver soluções. Agradecemos aos amigos da Equipe VitóriaBaja da UFES pelo espaço, ferramentas, tempo e a ajuda a nós dados. Agradecemos aos amigos, aos presentes, aos ausentes, aos distantes e todos aqueles que acreditaram em nosso potencial e sempre estiveram ao nosso lado, torcendo pelo melhor de cada um de nós.

Agradecemos em muito e em especial a todas as empresas e aos funcionários das mesmas que estivemos em contato, que nos deram a atenção, crédito, que apoiaram com a doação de equipamentos e materiais para a consolidação do objeto de pesquisa, que acreditaram quando fomos até eles humildemente solicitar apoio à pesquisa mesmo sabendo que o máximo retorno que poderíamos dar a elas são os mais sinceros agradecimentos, e a certeza que ajudaram na formação de ótimos profissionais, obrigado a CONTEMP (Medição, Controle e Monitoramento de Processos Industriais), a APERAM South America (antiga ARCELORMITTAL INOX BRASIL), a ROCKFIBRAS do Brasil Indústria e Comércio Ltda (isolamentos térmicos e acústicos), a ELETROTHERMO Comércio e Indústria e Ltda, a EXACTA Indústria e Comércio de Sensores Ltda, a PerfilTérmico aquecimento e isolamento industrial, KRON Instrumentos Elétricos Ltda (KRON MEDIDORES), Sandsteel Servcenter Ltda, a Resistimig Indústria e Comércio Ltda e a Lukplast Industria e Comércio Ltda.

João Vitor Ferreira Duque

Thiago Rocha Schaeffer

RESUMO

É evidente a grandeza da indústria do petróleo e de seus derivados nos dias atuais. Associada a essa grandeza está a enorme variedade de produtos consumidos que são produzidos a partir dos mais diversos tipos de plásticos, porém, existe uma quantidade considerável de impactos ambientais e sócio-econômicos, gerados pelo descarte incorreto e irresponsável dos resíduos gerados pela sociedade, que determinam riscos potenciais à saúde humana e a manutenção da vida no planeta. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo principal propor um equipamento, como alternativa, para transformar resíduos plásticos em um óleo combustível, sendo este capaz de ser refinado e aplicado a diversas finalidades e setores da sociedade. A avaliação da viabilidade deste equipamento envolveu a caracterização do processo, do tipo de materiais empregados e dos riscos ambientais gerados pelos resíduos plásticos presentes na natureza. Os resultados indicaram a viabilidade do processo, resultando num óleo combustível com um poder calorífico próximo ao dos combustíveis derivados do petróleo, além de características como, grau API, viscosidade, ponto de fulgor, teor de enxofre, que o tornam viável para produção deste óleo combustível. O subproduto identificado como, matéria negra, gerado pelo processo de degradação térmica do resíduo plástico no reator, mostrou-se bastante interessante e passivo de futuras pesquisas por apresentar poder calorífico com valor significativo. Com isso a proposta não resultou apenas na produção de um combustível e sim em dois, além de uma redução expressiva no volume e na massa dos resíduos plásticos que podem ser alcançados, proporcionando uma solução para o grande problema que nações em todo o planeta enfrentam, que é o descarte adequado dos resíduos, falta de área territorial para acomodação e destinação final, impactos ambientais gerados e problemas sociais e econômicos, que transpõem fronteiras.

Palavras chave: combustível, degradação térmica, reciclagem, resíduos.

ABSTRACT

It is clear the magnitude of the oil industry and its products today. Associated with this greatness is the huge variety of consumer products that are produced from various types of plastics, however, there is a considerable amount of environmental and socio-economic impacts, generated by the incorrect and irresponsible disposal of waste generated by society, which determine potential risks to human health and the maintenance of life on the planet. In this context, this study aimed to propose a device as an alternative to transform plastic waste into fuel oil, which is able to be refined and applied to different purposes and sectors of society. The evaluation of the feasibility of this device involved the characterization of the process, the type of materials used and environmental risks generated by plastic waste found in nature. The results indicated the feasibility of the process, resulting in a fuel oil with a calorific value close to that of petroleum fuels, as well as features such as API gravity, viscosity, flash point, sulfur content, making it feasible to produce this oil fuel. The by-product identified as dark matter, generated by the thermal degradation of plastic waste in the reactor, was quite interesting and subject for future research by presenting a significant calorific value. This proposal not only resulted in the production of a fuel, but in two, and a significant reduction in the volume and mass of plastic waste that can be achieved by providing a solution to the major problem that nations around the world face, which is the proper disposal of waste, lack of land area to accommodate and disposal, and environmental impacts caused economic and social problems, crossing frontiers.

Keywords: fuel, thermal degradation, recycling, waste.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equipamento proposto pela Blest Co. 23
Figura 2 – Esquema de funcionamento do Modelo Experimental 24
Figura 3 – Fotografia do Modelo Experimental.....25
Figura 4 – Fotografia do reator utilizado no modelo experimental.....25
Figura 5 – Formação de óleo combustível no vaso de resfriamento e condensado.....26
Figura 6 – Fotografia da combustão do óleo obtido no processo.....26
Figura 7 – Esquema de funcionamento do Equipamento Experimental – 1ª Fase 27
Figura 8 – Fotografia dos elementos resistivos fixados no corpo do reator 28
Figura 9 – Fotografia do Equipamento Experimental – 1ª Fase 28
Figura 10 – Fotografia do polietileno, grau reciclado na forma de grãos (pallets).....29
Figura 11 – Fotografia do frasco contendo o óleo produzido. 29
Figura 12 - Vaso de resfriamento com óleo combustível (superior) e água (inferior).....30
Figura 13 - Resíduo gerado ao final do processo no interior do reator 30
Figura 14 – Fotografia do Calorímetro (esquerda) e da bomba calorimétrica (direita) 30
Figura 15 – Esquema de funcionamento do Equipamento Experimental – 2ª Fase 31
Figura 16 – Fotografia da Bancada na sua construção final 32
Figura 17 – Esquema das camadas de revestimento da Jaqueta.....33
Figura 18 - Circuito Equivalente de Resistências 34
Figura 19 – Manômetro de Coluna Tipo U 36
Figura 20 – Uso de Coordenadas z e h.....37
Figura 21 – Diagrama de controle da temperatura.....39
Figura 22 – Reator de Craqueamento.....39
Figura 23 – Vaso de resfriamento 40
Figura 24 – Vaso de condensado.....40
Figura 25 – Termopares tipo K.....41
Figura 26 – Controlado de Temperatura TCM45. (Cortesia da Contemp, 2010).....41
Figura 27 – Controladores de Temperatura TCM45.....41

Figura 28 – Relé de estado sólido CR1.....42
Figura 29 – Resistência de coleira em mica. (Cortesia da Resistimig Indústria e Comércio Ltda, 2011).....43
Figura 30 – Resistência do tipo placa cerâmica. (Cortesia da ELETROTHERMO, 2010).....43
Figura 31 - Multimedidor Trifásico Mult-K C. (Cortesia da KRON Instrumentos Elétricos Ltda) 44
Figura 32 – Forma de Ligação do Conversor USB-i485 com os dispositivos de rede (Cortesia da KRON Instrumentos Elétricos Ltda).....46
Figura 33 - Conversor USB-i485. (Cortesia da KRON Instrumentos Elétricos Ltda).....46
Figura 34 – Jaqueta de Isolamento aberta (vista superior) 47
Figura 35 – Camadas de isolante da Jaqueta de Isolamento.....47
Figura 36 – Manômetro de Coluna Tipo U 48
Figura 37 - Grão de pallet 50
Figura 38 - Vaso com duas misturas, óleo produzido (superior) e a água de resfriamento (inferior).....50
Figura 39 – Resíduo de plástico (polietileno) moído 51
Figura 40 – Resíduos da Matéria Negra Após Levantamento do PCS 54
Figura 41 – (a) Grãos de Polietileno Virgem, (b) Grãos de Polietileno Pallet, (c) Resíduo de Polietileno Moído 54
Figura 42 – Esquema Simplificado do Balanço de Energia do Processo do 1º Ensaio 56
Figura 43 - Esquema Simplificado do Balanço de Energia do Processo do 2º Ensaio 58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Densidade média dos plásticos comuns 23
Tabela 2 – Caracterísiticas elétricas para medição. 45
Tabela 3 - Análise laboratorial da amostra de óleo do primeiro teste.....49
Tabela 4 - Considerações gerais do primeiro ensaio 50
Tabela 5 - Análise laboratorial da amostra de óleo do segundo teste.....51
Tabela 6 – Dados do segundo ensaio.....51
Tabela 7 – Poder Calorífico Superior de alguns combustíveis.....52
Tabela 8 – Redução de massa do resíduo pelo processo proposto por este trabalho 53
Tabela 9 - Análise laboratorial do PCS das amostras dos resíduos no interior do reator.....53
Tabela 10 – Porcentagem de resíduo após levantamento do Poder Calorífico Superior.....53
Tabela 11 – PCS do Polietileno possível de ser utilizado 54
Tabela 12 – Comparação dos Resultados dos Ensaios.....58
Tabela 13 – Rendimento energético 58

SUMÁRIO

RESUMO ..... **IV**

ABSTRACT ..... **V**

LISTA DE FIGURAS ..... **VI**

LISTA DE TABELAS ..... **VIII**

1 INTRODUÇÃO **11**

1.1 IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM DE MATERIAIS PLÁSTICOS 12

1.2 UTILIZAÇÃO DA RECICLAGEM DE MATERIAIS PLÁSTICOS COMO FONTE ENERGÉTICA 13

1.3 JUSTIFICATIVA DO PROJETO 13

1.4 OBJETIVOS 13

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA **14**

2.1 DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE RESÍDUOS PLÁSTICOS 14

2.2 PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE RESÍDUOS PLÁSTICOS 15

2.3 DEGRADAÇÃO TÉRMICA DO POLIETILENO 17

3 MATERIAIS E METÓDOS **22**

3.1 EQUIPAMENTOS 22

3.2 MATERIAIS 22

3.3 PROCESSO DE MONTAGEM DO EQUIPAMENTO 22

3.3.1 Modelo Experimental **24**

3.3.2 Equipamento Experimental – 1ª Fase **27**

3.3.3 Equipamento Experimental – 2ª Fase **31**

3.4 FUNDAMENTOS BÁSICOS 33

3.4.1 Cálculo da transferência de calor na região do reator **33**

3.4.2 Manômetro de Coluna tipo U **36**

3.4.3 Poder Calorífico Superior (PCS) **37**

4 EQUIPAMENTOS DO PROCESSO **39**

4.1 ABORDAGEM INTRODUTÓRIA 39
4.2 REATOR DE CRAQUEAMENTO 39
4.3 VASO DE RESFRIAMENTO E DE CONDENSADO 40
4.4 MEDIÇÃO E CONTROLE DE TEMPERATURA 40
4.5 ELEMENTOS DE AQUECIMENTO 42
4.6 MULTIMEDIDOR DE ENERGIA 43
4.7 JAQUETA DE ISOLAMENTO 46
4.8 MANÔMETRO DE COLUNA TIPO U 47

5 RESULTADOS 49
5.1 O ÓLEO OBTIDO 49
5.2 COMPARAÇÕES 52
5.3 ANÁLISE DO RESÍDUO 53
5.4 ANALISE ENERGÉTICA 54
5.4.1 Relativo ao primeiro teste do equipamento 55
5.4.2 Relativo ao segundo teste do equipamento 56

6 CONCLUSÃO 59
6.1 PROPOSTAS PARA O FUTURO 60

APÊNDICE A 61

ANEXO A 62

ANEXO B 63

ANEXO C 64

ANEXO D 68

ANEXO E 70

ANEXO F 125

REFERÊNCIAS 131

1 INTRODUÇÃO

A ênfase à preservação e conservação do meio ambiente como forma de garantir um desenvolvimento sustentável e é constantemente abordada e discutida em eventos que envolvem diversas nações e organizações por todo o planeta. Entre os diversos danos causados ao meio ambiente, um dos responsáveis são os resíduos plásticos. Esses resíduos, em geral, são descartados de maneira indevida e levam muito tempo para sofrerem degradação natural, além dos danos causados na região que foram descartados e se quando queimados de maneira indiscriminada, produzem substâncias tóxicas a saúde humana, a fauna e a flora.

Os resíduos sólidos urbanos (RSU) têm aumentado continuamente sendo que o resíduo plástico industrial e o urbano representam cerca de 20% em massa do RSU coletado, (PLASTIVIDA,2006). Os tipos de plásticos mais encontrados nos resíduos são o Poli(cloreto de vinila) (PVC), o poli(tereftalato de etileno) (PET), o polietileno de alta densidade (PEAD), o polietileno de baixa densidade (PEBD), o polipropileno (PP) e o poliestireno (PS). Como exemplo de quantidade, temos o PEBD que vem se tornando um dos plásticos mais consumidos no mercado nacional, devido à sua crescente utilização, principalmente no setor de embalagens de rápido descarte. Sua presença nos RSU que são reciclados é estimada em torno de 20% do total dos resíduos plásticos descartados, perdendo o primeiro lugar apenas para o PET (52%) (PLASTIVIDA,2008).

A baixíssima degradabilidade aliada ao grande volume (baixa densidade) destes resíduos fazem com que ocupem imensos espaços no ambiente por um longo tempo. Com o crescente uso desses materiais, principalmente na área de embalagens, cujo descarte é muito rápido quando comparado a outros produtos, há um agravamento dos problemas ambientais, prejudicando, inclusive, o tempo de vida útil dos locais de destino do lixo, como por exemplo, os aterros sanitários.

Assim, a reciclagem é a forma de tratamento de resíduo plástico que mais tem concentrado esforços no âmbito empresarial e governamental, ou seja, é uma das maneiras de tornar a longa vida dos plásticos numa característica viável para as empresas e saudável para a sociedade e o meio ambiente. Tais esforços estimulam

o surgimento de uma variedade de legislações, tecnologias e centros de pesquisa e desenvolvimentos voltados para o setor. Portanto, a reciclagem apresenta-se como o método de reaproveitamento do resíduo, contribuindo para a redução deste e a recuperação dos materiais descartados.

1.1 IMPORTÂNCIA DA RECICLAGEM DE MATERIAIS PLÁSTICOS

O objetivo da reciclagem é muito maior do que o apelo ambiental que é realizado pela mídia e por algumas organizações sócio-ambientais, para muitos é uma alternativa de renda, e para sociedade é a perfeita solução para o gerenciamento dos resíduos gerados por ela. Através dos processos de reciclagem é possível dar vida nova a rejeitos que acabariam em lixões, aterros sanitários ou na natureza. A concepção de novas tecnologias para transformação desses resíduos em novos produtos ou em fontes energéticas é um processo que vem sendo amplamente difundido entre as nações, buscando fontes diversificadas para um mesmo produto final e o aproveitamento do alto poder calorífico presente nos rejeitos para o uso como combustível.

Pela grande variedade de plásticos presentes no dia-a-dia, existem alguns métodos de reciclagem que podem ser adotados para melhor aproveitamento do material, os quais a reciclagem pode ser do tipo, mecânica, química e energética.

A reciclagem energética é um processo praticado em diversas partes do mundo há mais de 20 anos. Atualmente, mais de 150 milhões de toneladas de lixo urbano são destinados a mais de 850 usinas de Reciclagem Energética implantadas em 35 países, gerando mais de 10.000MW (megawatts) de energia elétrica e térmica. Essas usinas utilizam todo tipo de resíduo, como o plástico, o pneu, como combustível e são adotadas largamente em países como os Estados Unidos (98 usinas), Japão (249 usinas), China, Coréia do Sul, Malásia (50 usinas nas três e em outros países em desenvolvimento na região) e na União Européia (420 usinas), onde só na Suíça existem 27 usinas destinadas a recuperação de energia de lixo urbano, enquanto que no Brasil, nenhuma. (PLASTIVIDA, 2009)

1.2 UTILIZAÇÃO DA RECICLAGEM DE MATERIAIS PLÁSTICOS COMO FONTE ENERGÉTICA

A dependência de determinadas fontes de energia faz com que pesquisas nas áreas energéticas se desenvolvam buscando novas fontes de energia, como novos métodos de reaproveitamento dos diversos rejeitos produzidos pela sociedade para produção de fontes alternativas de energia.

A concepção de um processo alternativo de reaproveitamento de resíduos dos mais diversos tipos de plásticos utilizados pela humanidade é um desafio que vem sendo arduamente pesquisado por diversas instituições em vários países. Com um desejo não distante de resolver problemas ambientais e sim com a principal finalidade de se obter um processo eficiente e altamente lucrativo, que se torne uma solução para o problema gerado pelo consumo acelerado de produtos pela humanidade.

1.3 JUSTIFICATIVA DO PROJETO

Comprovar a proposta apresentada pela empresa japonesa, Blest Co. (OUR WORLD 2.0, 2010), que é propor uma alternativa, um equipamento, para a reciclagem dos resíduos plásticos que são gerados pela sociedade, transformando-os em uma fonte alternativa de energia. Permitindo que o equipamento possa ser implantado em diversos setores da sociedade, incentivando assim novas pesquisas na área de reciclagem de materiais, reduzindo o volume de resíduos nos lixões e aterros sanitários e conseqüentemente o tempo de exposição desses materiais na natureza, possibilitando um método de melhor aproveitamento energético dos resíduos plásticos gerados.

1.4 OBJETIVOS

Reproduzir o equipamento apresentado pela Blest Co. (OUR WORLD 2.0, 2010), como uma bancada de estudos experimental, cuja finalidade é o reaproveitamento de resíduos de materiais plásticos, para a geração de um óleo combustível. Realizar alguns testes e analises nos produtos e subprodutos obtidos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE RESÍDUOS PLÁSTICOS

Em química, craqueamento (do inglês *cracking*) é como se denominam vários processos químicos utilizados nas indústrias pelos quais moléculas orgânicas complexas como, por exemplo, alguns hidrocarbonetos, são quebradas em moléculas mais simples (por exemplo, hidrocarbonetos leves) devido a quebra de ligações carbono-carbono nos precursores pela ação de calor e/ou catalisador (GAZZONI e FELICI, 2006).

A taxa de rompimentos e os produtos finais são fortemente dependentes da temperatura de reação e da presença de catalisadores. Craqueamento nada mais é que o colapso de uma substância complexa em outras menores e mais úteis (GAZZONI e FELICI, 2006).

Um exemplo típico de craqueamento na indústria do refino de petróleo é a produção de gasolina (iso-octano) e gás de cozinha (propano + butano) a partir do craqueamento catalítico dos gasóleos (GAZZONI e FELICI, 2006).

A reação é mostrada abaixo:

$C_{36}H_{74}$ (gasóleo parafínico) → C_8H_{18} (iso-octano) + C_3H_8 (propano) + C_4H_{10} (butano)

Craqueamento térmico é usado atualmente para "melhorar" frações pesadas, ou para a produção de frações leves ou destilados, combustível de queimadores e/ou coque de petróleo. Dois extremos do craqueamento térmico, em termos da gama de produtos são representados pelo processo de alta temperatura chamado craqueamento a vapor que produz o valioso etileno e outras matérias-primas para a industria petroquímica, e a coqueificação retardada de temperatura mediana, que pode produzir, sob as condições corretas, o valioso coque agulha, um coque de petróleo altamente cristalino utilizado na produção de eletrodos para as indústrias de aço e alumínio (GAZZONI e FELICI, 2006).

2.2 PROCESSOS DE DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE RESÍDUOS PLÁSTICOS

A decomposição térmica de polímeros só pode ser considerada despolimerização quando há produção de monômero em concentrações elevadas. No entanto, para a maioria dos polímeros, a decomposição térmica leva a formação de uma mistura complexa de produtos, em que o monômero se encontra numa porcentagem bastante baixa. O tipo e distribuição dos produtos formados a partir da degradação térmica de cada polímero dependem de diversos fatores, tais como: do próprio polímero utilizado, das condições de reação, do tipo e modo de operação do reator, etc (AGRADO e SERRANO, apud COSTA, 2006).

A velocidade de decomposição térmica de poliolefinas está relacionada com a presença de ramificações na estrutura polimérica. Conseqüentemente, a velocidade da reação de decomposição aumenta segundo a seguinte ordem: PEAD < PEBD < PP < PS (AGRADO e SERRANO; WESTERHOUT, J.WAANDERS, *et al.*, apud COSTA, 2006). O que indica a influência do grau de ramificações da cadeia polimérica.

A velocidade à qual os radicais são formados também aumenta com a sua estabilidade, logo, o grau de conversão é maior se os radicais formados durante o processo de craqueamento forem mais estáveis. Um elevado grau de ramificação ou substituição conduz a um elevado grau de conversão, devido a formação de radicais secundários e terciários relativamente estáveis. Outro dos prováveis efeitos do grau de ramificação e de substituição é a possível alteração do mecanismo de reação com o aumento da conversão, uma vez que as ligações vizinhas de uma cadeia lateral têm uma maior probabilidade de serem quebradas, dando-se esta quebra, em maior quantidade, durante a fase inicial das reações (WESTERHOUT, J.WAANDERS, *et al.*, apud COSTA, 2006).

De todas as variáveis de operação a mais importante é a temperatura, devido à sua influência quer na conversão dos polímeros quer na distribuição dos produtos. Dependendo da temperatura utilizada, quatro frações podem ser obtidas por degradação térmica destes plásticos: gases, líquidos, líquidos com elevada viscosidade e um resíduo sólido. À medida que a temperatura aumenta, a fração de

gases também aumenta e o resíduo sólido aparece como resíduo carbonoso devido à ocorrência de reações de formação de coque e de hidrocarbonetos (AGRADO e SERRANO, apud COSTA, 2006).

A degradação térmica de plásticos ocorre através de um mecanismo radicalar, o que pode envolver três processos diferentes de decomposição (COSTA, 2006):

- Quebra aleatória em qualquer ponto da estrutura do polímero, levando à formação de pequenos fragmentos de polímero como produtos primários, que poderão posteriormente sofrer reações de “cracking” também aleatórias.

- Quebra da cadeia nas suas extremidades, em que são formados pequenos fragmentos ou cadeias longas de polímero. Se a molécula de baixa massa molecular formada for um monômero iniciador, o processo de degradação térmica pode ser considerado como uma despolimerização efetiva.

- Separação de substitutos funcionais para formarem moléculas de baixa massa molecular. Neste caso, a cadeia polimérica pode manter a sua extensão ou pelo contrário a libertação das moléculas de baixa massa molecular pode ser acompanhada pela divisão da cadeia polimérica.

Em muitos casos, vários destes processos ocorrem simultaneamente. Assim, o polietileno e o polipropileno são degradados termicamente por quebra aleatória e quebra das extremidades da cadeia polimérica. Durante a degradação térmica de muitos polímeros outras reações podem ocorrer ao mesmo tempo em que as reações de “cracking”, por exemplo: reações de isomerização, ciclização, aromatização, recombinação de espécies, etc (AGRADO e SERRANO, apud COSTA, 2006).

A decomposição térmica de polímeros envolve a formação de espécies voláteis numa matriz polimérica altamente viscosa. O transporte destas espécies através da massa de polímero fundido para a fase vapor pode ser dificultada, por isso são esperadas limitações difusionais na transferência de massa. Vários autores observaram que a velocidade de degradação térmica dos polímeros depende de

fatores como a área superficial e a espessura da camada de polímero, mostrando que a decomposição deste é controlada pela difusão e/ou vaporização das espécies voláteis.

Em muitos casos a estrutura polimérica contém impurezas ou defeitos que influenciam significativamente a primeira fase da degradação térmica. A cadeia polimérica possui na maioria dos casos, pequenas ramificações, ligações duplas, grupos oxigenados, etc, que se apresentam como pontos fracos, favorecendo a formação de radicais primários e, portanto, promovendo o passo inicial da degradação térmica do polímero (AGRADO e SERRANO, apud COSTA, 2006).

2.3 DEGRADAÇÃO TÉRMICA DO POLIETILENO

O polietileno(PE) é um polímero presente em grande quantidade nos resíduos, sendo em sua maioria dois tipos de PE, o de alta densidade (PEAD) e o de baixa densidade (PEBD). O PEAD é um polímero altamente linear, enquanto que o PEBD apresenta algumas ramificações (cerca de 2% dos átomos de carbono do esqueleto das cadeias). Devido a esta diferença de estrutura, a degradação térmica do PEBD ocorre a temperaturas mais baixas que a do PEAD, uma vez que possuí uma percentagem mais elevada de carbonos terciários.

A composição dos líquidos obtidos por degradação térmica do PE foi estudada por vários autores. A análise efetuada por cromatografia gasosa aos líquidos obtidos por degradação térmica do PE a 420ºC e com um tempo de reação de 90 minutos mostrou que a maioria dos compostos presentes se situam entre o C_5 e o C_{22} (KAMINSKY, apud COSTA, 2006).

A degradação térmica do PE a baixas temperaturas favorece a produção da fração líquida, contrariamente ao que acontece a altas temperaturas em que é maximizada a percentagem de gases. A degradação do PE começa a 350ºC com a diminuição da massa molecular do polímero. Uma degradação mais extensa leva à formação de produtos com elevada densidade e de líquidos. À medida que a degradação térmica do PE progride ocorre um aumento de compostos insaturados nos produtos. De fato, no passado, a decomposição térmica do PE era usada como um processo de

síntese de diferentes ceras comerciais a partir do polímero virgem (AGRADO e SERRANO, apud COSTA, 2006).

Alguns estudos já efetuados por outros autores permitem concluir que os produtos obtidos pela decomposição térmica dos plásticos são largamente dependentes, principalmente da temperatura de degradação e do tipo de reator utilizado. Foram encontrados, na literatura, alguns trabalhos que estudam o efeito da temperatura na degradação térmica do PE. Estes trabalhos confirmam a elevada dependência da temperatura no processo. Relativamente ao efeito do tempo de residência e da pressão de reação, pouca informação foi encontrada. São descritos, em seguida, alguns estudos efetuados sobre a influência das condições experimentais no processo de degradação do PE, utilizando diferentes tipos de reatores (COSTA, 2006).

Kaminsky, citado por COSTA (2006), investigou a degradação do PE usando um reator de leito fluidizado e temperaturas entre 650 e 810ºC. Os principais produtos obtidos foram hidrocarbonetos leves, com uma elevada percentagem de olefinas (etileno, propileno, ciclopentadieno, etc.) e compostos aromáticos (benzeno e tolueno). Metano e hidrogênio livre também foram detectados em quantidades significativas. Durante o aumento da temperatura foram verificadas grandes alterações na distribuição dos produtos. Este aumento provocou a diminuição da concentração de propileno, o etileno passou por um valor máximo a aproximadamente 740ºC e o benzeno aumentou até atingir o máximo de 25% (m/m) à temperatura mais elevada. Também a curva do metano apresentou um máximo pronunciado de 20% (m/m) quando a temperatura de 760ºC foi atingida.

A degradação térmica do PE em um reator de leito fluidizado também foi investigada por SCOTT, *et al.*, citado por COSTA (2006). Os principais produtos obtidos a temperaturas entre 730 e 790ºC, foram hidrocarbonetos gasosos, com uma percentagem à volta de 60%, embora tenham sido obtidos cerca de 30% de condensados. Tal como verificado por Kaminsky, citado por COSTA (2006), a fração gasosa também era rica em olefinas, especialmente etileno.

A distribuição dos produtos obtidos por degradação do PE com diferentes graus de ramificação foi estudada por CONESA, FONT e MARCILLA, citado por COSTA (2006) usando um reator de leito fluidizado, temperaturas entre 500 e 900ºC e diferentes tempos de residência. Os principais produtos obtidos na fração gasosa foram metano, etano, etileno, propano, propileno, acetileno, butano, buteno, pentano, benzeno, tolueno, xileno e estireno. A temperaturas mais baixas (500 e 600ºC) foram detectados, além de compostos gasosos, quantidades significativas de alcatrões e líquidos viscosos.

Siauw, citado por COSTA (2006), estudou a degradação térmica do PE num reator tubular entre 450 e 500ºC e em um sistema fechado usando o mesmo reator selado, a 480ºC. Verificou que no sistema fechado, a temperaturas mais elevadas, a fração de destilado aumentou, assim como a de gases e sólidos. Em contraste, no sistema aberto foi produzida menos nafta e mais gasóleo.

Mais recentemente, Demirbaş, citado por COSTA (2006), estudou a degradação térmica do PE num reator tubular, utilizando temperaturas entre 352 e 602ºC. Analisou a composição dos produtos gasosos e líquidos obtidos, verificando que com o aumento da temperatura a porcentagem de alcanos aumentou de 30,3 para 44,5% e a de compostos aromáticos de 2,8 para 5,8%. Por outro lado, a concentração de alcenos diminuiu de 44,7 para 31,5% e a de naftalenos de 22,4 para 17%.

McCaffery et al., citado por COSTA (2006), investigaram a termólise do PEBD a temperaturas moderadas, entre 425 e 450ºC, num reator de fluxo contínuo de nitrogênio, tendo obtido uma elevada porcentagem de fração líquida (82% a 450ºC). Esta fração líquida era constituída, maioritariamente, por uma mistura de alcanos e alcenos lineares. Ao contrário de outros autores, verificaram uma diminuição na porcentagem de fração gasosa formada com o aumento da temperatura.

Walendziewski, citado por COSTA (2006), utilizando um reator tubular com alimentação contínua (taxa de alimentação de 0,3 a 0,5kg/h), temperaturas entre 420 e 440ºC, e um tempo de reação de 100 h, estudou a degradação do PEAD, obtendo cerca de 84,5% de hidrocarbonetos líquidos, 10,2% de hidrocarbonetos

gasosos e 5,1% de resíduo sólido. O autor estudou também a composição das frações líquidas e gasosas obtendo, na primeira, uma mistura de alcanos e alcenos com cinco a vinte cinco átomos de carbono e na segunda compostos desde C_1 a C_5.

Williams et al., citado por COSTA (2006), também estudaram a degradação do PE utilizando primeiro um reator de leito fixo e mais tarde um de leito fluidizado. No primeiro caso, em cada experiência a temperatura foi aumentada até 700ºC. Foram obtidas duas frações principais: 15-17% (m/m) de gases e 80-84% (m/m) de líquidos. Os gases eram ricos em etileno, propileno e buteno e apresentavam percentagens mais baixas de hidrocarbonetos saturados (metano, etano, propano e butano). Os líquidos eram essencialmente formados por hidrocarbonetos alifáticos com uma pequena porcentagem de olefinas, apresentando pontos de ebulição entre 100 e 500ºC. Mais tarde estudaram a influência da temperatura de trabalho no tipo e composição dos produtos obtidos. Variaram a temperatura entre 500ºC e 700ºC e verificaram um crescimento significativo na percentagem de gases com o aumento da temperatura. A comparação dos resultados obtidos no reator de leito fixo com estudos efetuados em leito fluidizado evidenciou que a elevada percentagem de líquidos obtida no reator de leito fixo, poderia ser devida às significativas diferenças nas velocidades de transferência de calor dos dois sistemas.

Cozzani et al., citado por COSTA (2006), também realizaram estudos em um reator de leito fixo, variando a temperatura entre 500 e 800ºC e o tempo de residência. Em contraste com o anteriormente descrito, relativamente a outros estudos, estes autores obtiveram três frações diferentes como produto final: gases, alcatrões e um resíduo sólido (carbonoso). A percentagem de resíduo sólido aumentou com o aumento da temperatura de trabalho. Isto é, enquanto que a 500ºC a presença deste resíduo era desprezível, a temperaturas entre 700 e 800ºC a sua percentagem atingiu valores acima de 20% (m/m).

A influência da temperatura e do tempo de residência na distribuição dos produtos e na composição do gás obtido a partir de PEAD foi estudada por Mastral et al., citado por COSTA (2006), utilizando um reator de leito fluidizado continuamente alimentado a uma velocidade de 3-4g/min. Neste estudo foram testadas cinco temperaturas entre 650ºC e 850ºC e tempos de residência entre 0,64 e 2,6s. Os autores

verificaram que, para temperaturas entre 650 e 730ºC, independentemente do tempo de reação utilizado, os produtos obtidos dividiam-se em três frações, compostos gasosos, líquido leve e líquido viscoso e que a distribuição relativa destes compostos variava com o aumento, quer da temperatura, quer do tempo de reação. Assim, observaram um aumento na porcentagem de gases que estabilizou a 780ºC e uma diminuição na de líquidos leves e pesados com o aumento de temperatura e do tempo de reação. Também na composição do gás, os autores verificaram a influência destes parâmetros, com um aumento na concentração de metano e etano com aumento destes. Concluíram, assim, que a temperatura e tempo de reação tinham uma grande influência na distribuição dos produtos dentro da gama de valores testados.

3 MATERIAIS E METÓDOS

O presente projeto teve como objetivo reproduzir o equipamento "*Be-h*" desenvolvido pela empresa japonesa Blest Co., sendo que no primeiro momento foi realizado uma análise do vídeo disponível pela Blest Co. (OUR WORLD 2.0, 2010) que demonstrava um esquema e o funcionamento do equipamento. Posteriormente foi construído um modelo experimental para tentar reproduzir a proposta do equipamento "*Be-h*" que logo em seqüência foi levado em consideração os risco, devido aos voláteis liberados nos vazamentos, bem como o desenvolvimento de um segundo equipamento experimental, com correções e melhorias.

3.1 EQUIPAMENTOS

Foram utilizadas ferramentas e equipamentos presentes nos laboratórios do prédio ITUFES – CT V do Centro Tecnológico da UFES, laboratórios estes, o Laboratório de Tecnologia Mecânica e o Laboratório de Motores a Combustão Interna, que dispunham de ferramentas de uso geral, alem de equipamentos para processos de usinagem e soldagem.

3.2 MATERIAIS

No teste do primeiro equipamento experimental, foi utilizado resíduo plástico diversificado (PEBD, PEAD, PET, PP, PS, entre outros), sendo que o PEBD e o PEAD foi escolhido dentre os outros para ser utilizado no segundo equipamento experimental, a fim de realizar o levantamento de algumas análises, estas iniciais, do óleo combustível, conforme solicitação do LAB-PETRO (Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Metodologias para Análises de Petróleo) do Departamento de Química da UFES.

3.3 PROCESSO DE MONTAGEM DO EQUIPAMENTO

Diante do desafio e do equipamento produzido pela companhia japonesa, o "*Be-h*" (Figura 1), iniciou-se a busca por materiais e equipamentos para então se dar inicio a construção de um modelo experimental, um protótipo, de modo a reproduzir o

funcionamento do “*Be-h*” e desvendar uma possível solução para o destino de toneladas de resíduos plásticos gerados diariamente.

Figura 1 – Equipamento proposto pela Blest Co.

Fonte: Blest Co Ltd., 2010.

A proposta do “*Be*-h” consiste em utilizar 1,0kg de resíduo plástico para produção de aproximadamente 1,0 litro de óleo combustível, assim com os da Tabela 1, pode-se determinar, o volume ocupado pelo material plástico, grau industrial na forma de grânulos (pallets), visto que o resíduo plástico, material utilizado na experiência, já se encontra industrializado, contaminado e ocupando volume superior ao indicado na Tabela 1.

Tabela 1 – Densidade média dos plásticos comuns

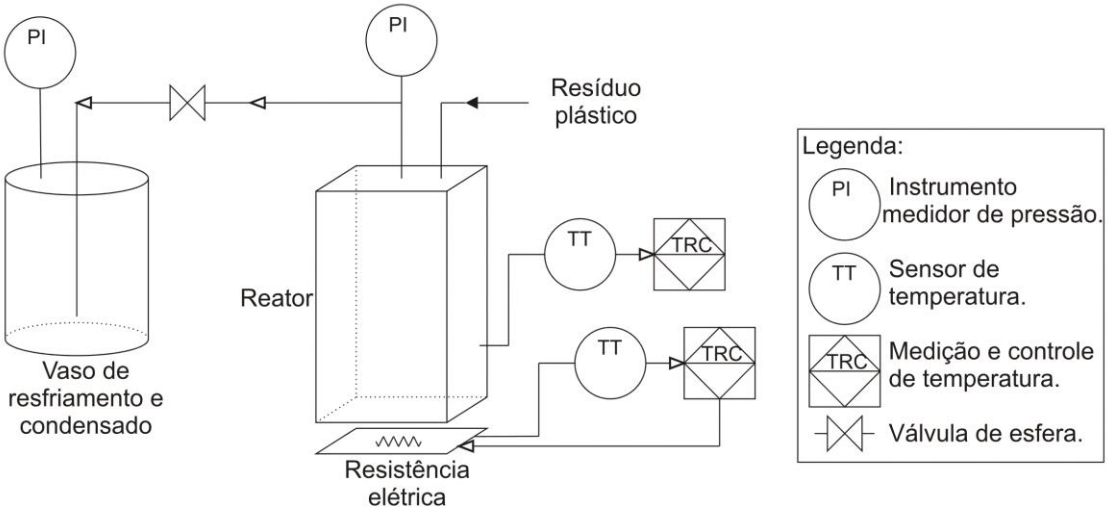
NÚMERO	PLÁSTICO	DENSIDADE (g/cm^3)	VOLUME OCUPADO (cm^3)
1	PET (polietileno tereftalato)	1,3 - 1,4	769,23
2	PEAD (polietileno de alta densidade)	0,94 - 0,96	1.063,83
3	PEBD (polietileno de baixa densidade)	0,91 - 0,94	1.098,90
4	PVC (policloreto de vinila)	1,22 - 1,3	819,67
5	PP (polipropileno)	0,86 - 0,95	1.162,79
6	PS (poliestireno)	1,04 - 1,08	961,54

Fonte: SEBRAE-SP, 2011.

3.3.1 Modelo Experimental

Um modelo experimental foi construído conforme Figura 2 e Figura 3, muito rudimentar, com um reator em aço inox (Figura 4), com capacidade volumétrica de 5,6 litros, um vaso de resfriamento e condensado (frasco de vidro) com capacidade de 3 litros, um sistema de comunicação entre o reator e o vaso de resfriamento e condensado por onde circula os gases originados do processo de degradação térmica do resíduo plástico no reator e o aquecimento é realizado por uma resistência elétrica, do tipo placa cerâmica, capaz de atingir 750ºC, que está sob o reator

Figura 2 – Esquema de funcionamento do Modelo Experimental



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

O controle de temperatura foi realizado por um sistema composto por um sensor de temperatura em contato com a resistência, um termopar do tipo K, que envia o sinal a um medidor e controlador de temperatura que por sua vez, depois de estabelecido o valor de temperatura que se deseja na resistência elétrica, o controlador envia um comando para um relê de estado sólido que realiza o chaveamento da carga resistiva.

A escolhia do aço inox como material para construção do reator para degradação térmica do resíduo plástico, é devido à característica do mesmo suportar temperaturas mais elevadas do que o alumínio, que tem ponto de fusão a 660ºC e temperatura inferior ao máximo fornecido pela resistência elétrica que é de 750ºC utilizada no projeto.

Figura 3 – Fotografia do Modelo Experimental

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Foi utilizada de uma manta de lã de rocha, como isolante térmico do reator e da resistência elétrica, para manter a temperatura e evitar ao máximo as perdas térmicas por influência do meio e também para promover proteção de contato durante operação. A manta de lã de rocha é um material com baixa condutividade térmica, quimicamente inerte, incombustível e de fácil manuseio.

Figura 4 – Fotografia do reator utilizado no modelo experimental

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

O modelo experimental construído, como o "*Be-h*", apresentou a formação de um óleo, como mostra a Figura 5, e parte deste óleo foi retirada e colocada em contato com uma chama, provocando a combustão (Figura 6). Além disso, observou-se a formação de um resíduo de massa escura dentro do reator. Essas observações proporcionaram a elaboração e construção de um novo equipamento experimental, para estudos futuros.

Figura 5 – Formação de óleo combustível no vaso de resfriamento e condensado

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Figura 6 – Fotografia da combustão do óleo obtido no processo

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Durante seu funcionamento foi possível a projeção de metas, correções, mudanças e principalmente preocupações com a segurança. A utilização de elementos medidores e indicadores de pressão e temperatura foram de extrema importância para um conhecimento e caracterização do processo para o próximo passo.

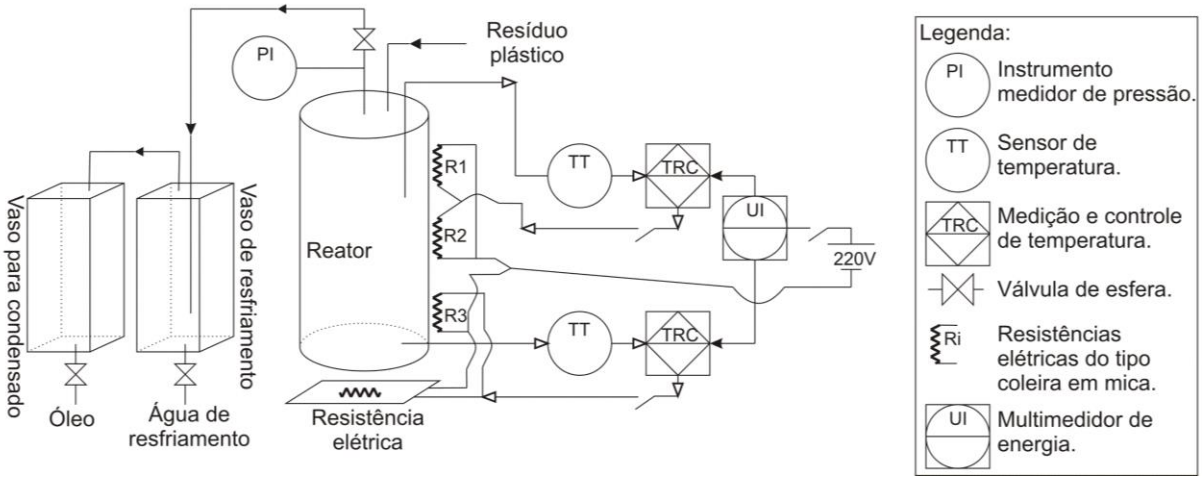
Questões como, vazamentos de voláteis, perdas térmicas, ausência de leitura de pressão nos manômetros, dreno de água de resfriamento e de condensado, controle do consumo energético, dentre outros fatores e variáveis, foram os responsáveis pelo projeto e construção de um segundo protótipo.

3.3.2 Equipamento Experimental – 1ª Fase

O esquema do equipamento experimental (Figura 7) apresentava melhorias significativas, como a substituição do reator por um de formato cilíndrico (APÊNCIDE A), cujas dimensões 168mm x 400mm , diâmetro do cilindro e altura, respectivamente e capacidade volumétrica de 8,6 litros, além da utilização de elementos resistivos fixados no corpo do reator (Figura 8), um sistema de isolamento e proteção térmica do conjunto reator e elementos resistivos, formado por uma jaqueta isotérmica, a utilização de um sistema para medição dos parâmetros de consumo elétrico de todo o equipamento, mudança no vaso de resfriamento, a utilização de um manômetro de coluna tipo U com água e uma estrutura de suporte físico para o equipamento.

Finalizada a construção do equipamento experimental (Figura 9), este sobre uma estrutura definitiva e com mobilidade, com os elementos dispostos de maneira a não interferirem uns aos outros, possibilitando manutenções posteriores, consiste da seqüência da idéia do modelo experimental, mas com melhorias e adição de novos itens, promovendo o melhoramento funcional, adequando-o ao objetivo do projeto.

Figura 7 – Esquema de funcionamento do Equipamento Experimental – 1ª Fase



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Figura 8 – Fotografia dos elementos resistivos fixados no corpo do reator

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Figura 9 – Fotografia do Equipamento Experimental – 1ª Fase

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Um teste realizado com 1kg de polietileno, grau reciclado na forma de grãos (pallets) (Figura 10), colocados dentro do reator e aquecidos até a temperatura de 500ºC durante um período de 2 horas, quando cessou a formação de bolhas no líquido de resfriamento, resultou na formação de aproximadamente 1 litro de óleo combustível. Para garantir a secagem do resíduo dentro do reator, o mesmo permaneceu sendo aquecido a 500ºC por mais 30 minutos, os quais não resultou em alteração significativa no volume de óleo já produzido.

Neste teste esperava-se que os gases ao serem resfriados na água, iriam se acumular no vaso para condensado, conforme Figura 12, condensando e formando o óleo separadamente da água, o que não ocorreu. A formação do óleo ocorreu no vaso de resfriamento Figura 12, dando a supor que a fração mais pesada dos gases

originados dentro do reator, ao ser resfriada, por ser menos densa, imediatamente se depositava sobre a água de resfriamento, enquanto que a parte mais leve, gases, ocupavam o vaso para condensado, sem se condensar.

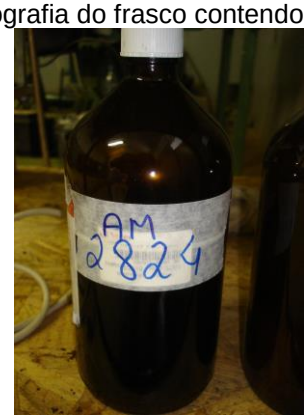
Figura 10 – Fotografia do polietileno, grau reciclado na forma de grãos (pallets)

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Os gases presentes no vaso para condensado ao serem liberados apresentavam odor de gases conhecidos como, o butano e o metano, mas por falta de equipamentos para coleta e análise, suas características são desconhecidas.

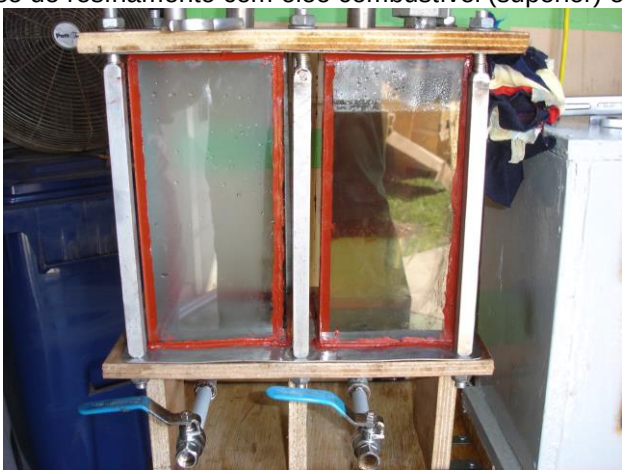
O óleo coletado (aproximadamente 1,1 litros), foi engarrafado em um frasco de vidro Âmbar (Figura 11), foi enviado para o LAB-PETRO da UFES a fim de caracterizar o tipo de óleo produzido (ANEXO A). O resíduo gerado ao final do processo de degradação térmica do plástico dentro do reator (Figura 13) foi enviado ao Laboratório de Materiais Carbonosos do Departamento de Física UFES, que por problemas de força maior, não puderam caracterizar o resíduo que foi denominado pelos autores deste projeto de, Matéria Negra, sendo posteriormente então realizado o levantamento do poder calorífico superior no Calorímetro (Figura 14) do Centro Tecnológico da UFES, presente no Laboratório de Análise Têxtil, para obter alguma característica do material.

Figura 11 – Fotografia do frasco contendo o óleo produzido.



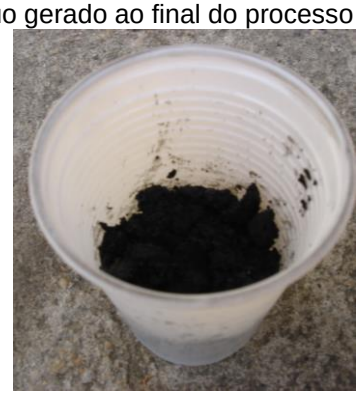
Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Figura 12 - Vaso de resfriamento com óleo combustível (superior) e água (inferior).



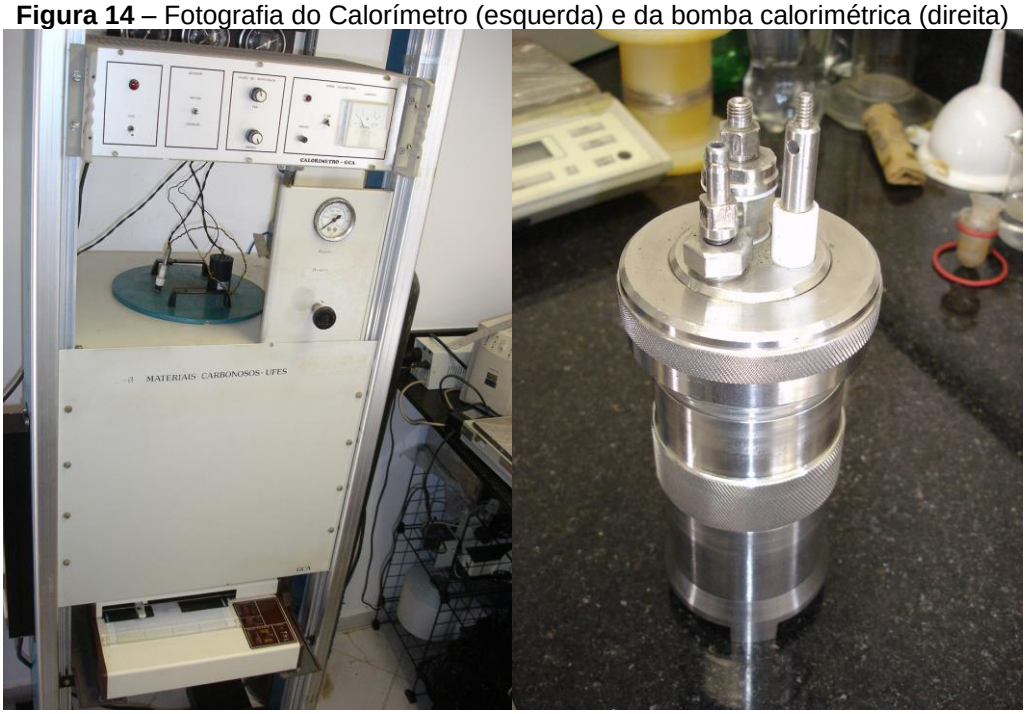
Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Figura 13 - Resíduo gerado ao final do processo no interior do reator



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Figura 14 – Fotografia do Calorímetro (esquerda) e da bomba calorimétrica (direita)



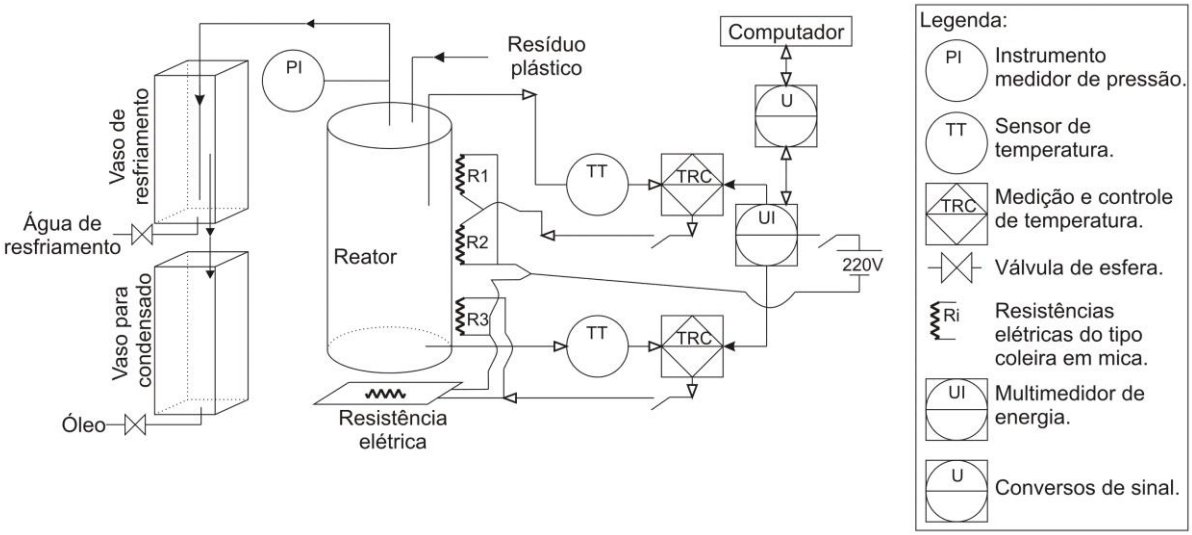
Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Neste teste a coleta de dados do consumo de energia elétrica foi realizada diretamente no multimedidor de energia.

3.3.3 Equipamento Experimental – 2ª Fase

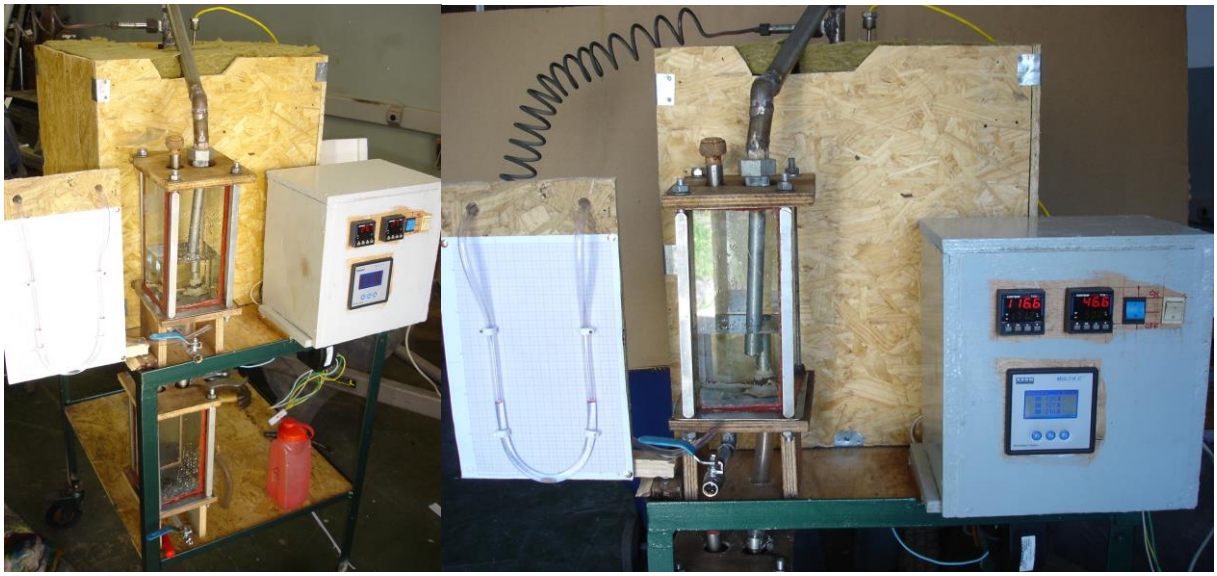
A segunda fase do equipamento experimental (Figura 15), a construção da bancada (Figura 16), teve correções efetivadas, com a instalação de um conversor de sinal, permitindo a utilização de um sistema supervisor, para a coleta de dados do consumo de energia via computador, a eliminação dos vazamentos de voláteis, o re-posicionamento dos vasos de resfriamento e condensado e substituição da fiação comum de ligação dos elementos resistivos, por uma com revestimento para alta temperatura.

Figura 15 – Esquema de funcionamento do Equipamento Experimental – 2ª Fase



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Figura 16 – Fotografia da Bancada na sua construção final



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Nesta fase foi realizado o teste com 1kg de polietileno moído, obtido da moagem de resíduos plásticos (foto) colocados dentro do reator e aquecidos até a temperatura de 500ºC durante um período de 2 horas, quando cessou a formação de bolhas no líquido de resfriamento, resultando na formação de aproximadamente 1 litro de óleo combustível, este agora separado da água e localizado no vaso para condensado, nível abaixo do de resfriamento. Para garantir a secagem do resíduo dentro do reator, o mesmo permaneceu sendo aquecido a 500ºC por mais 30 minutos, os quais não resultou em alteração significativa no volume de óleo já produzido.

Novamente, o óleo coletado (aproximadamente 1,2 litros), foi engarrafado em um frasco de vidro Âmbar, foi enviado para o LAB-PETRO da UFES a fim de caracterizar o tipo de óleo produzido (ANEXO B). O resíduo gerado ao final do processo de degradação térmica do plástico dentro do reator foi coletado e feito o levantamento do seu poder calorífico superior para comparação com o do primeiro teste.

Neste teste a coleta de dados de consumo de energia elétrica foi realizada via computador com a aquisição dos dados enviados pelo conversor de sinal ligado ao multimedidor de energia.

3.4 FUNDAMENTOS BÁSICOS

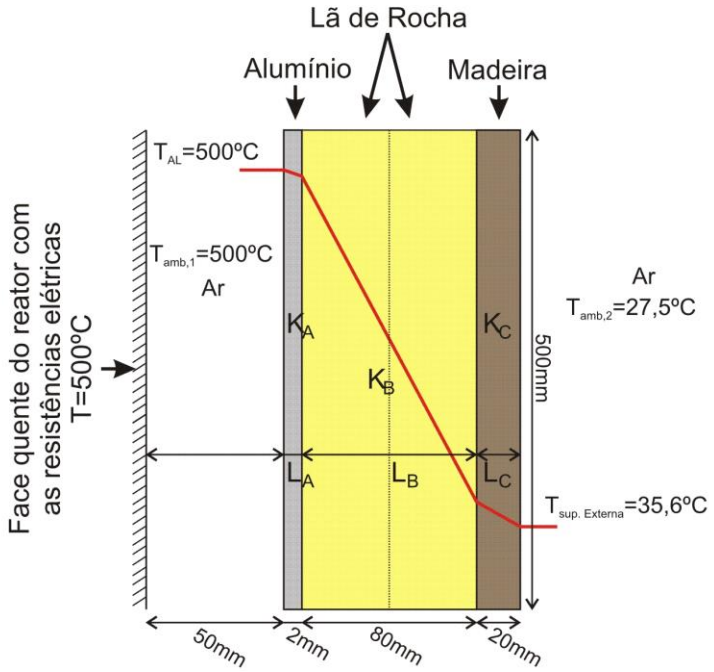
Durante a elaboração deste projeto de pesquisa, foram necessários a realização de cálculos para determinar resultados, projeções e para se entender melhor do processo, garantindo segurança e confiabilidade.

3.4.1 Cálculo da transferência de calor na região do reator

Realizando as seguintes considerações:

- Condições de regime estacionário.
- Condução de calor através da jaqueta unidimensional.
- Resistência de contato desprezível.
- Absorção de radiação no interior da jaqueta desprezível; logo não existe geração interna de calor (a troca de calor por radiação entre a jaqueta e as outras paredes internas da própria jaqueta ocorre na superfície interna de alumínio onde está sendo feito o cálculo).
- Troca de calor por radiação entre a superfície externa da jaqueta (madeira) e a vizinhança desprezível.
- Constituintes da jaqueta homogêneos e com propriedades constantes.

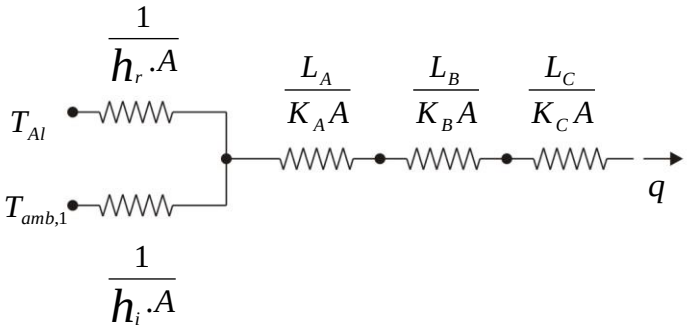
Figura 17 – Esquema das camadas de revestimento da Jaqueta



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

O circuito térmico pode ser construído com o reconhecimento de que a resistência ao fluxo de calor está associada à convecção de calor na superfície externa, à condução através dos materiais da jaqueta e à convecção e radiação na superfície interna da jaqueta. Assim, o circuito térmico e suas resistências possuem a seguinte forma:

Figura 18 - Circuito Equivalente de Resistências



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Fazendo o balanço de energia em uma das faces da jaqueta, acharemos a temperatura na superfície externa da mesma (madeira). Um esquema da superfície esta representado na Figura 17.

Dados:

- $L_a = L_{aluminio} = 0{,}002$ m
- $L_b = L_{manta} = 0{,}08$ m
- $L_c = L_{madeira} = 0{,}01$ m
- $K_a = K_{aluminio} = 205{,}163$ W/mK
- $K_b = K_{manta} = 0{,}037217$ W/mK
- $K_c = K_{madeira} = 0{,}08374$ W/mK
- $T_{amb,1} = T_{aluminio} = 500\ ^oC$
- $T_{amb,2} = 27{,}5\ ^oC$
- $h_i = h_e = 25\ W/m^2.K$

- Calculo da Resistência Total:

A resistência térmica total entre o interior do equipamento e a superfície externa da jaqueta inclui uma resistência térmica efetiva associada à convecção e radiação, que

atuam em paralelo na superfície interna da jaqueta, e as resistências condutivas em série dos constituintes da jaqueta. Logo:

$$\sum R_t = \frac{1}{A}.\left(\frac{1}{hi + hr} + \frac{La}{Ka} + \frac{Lb}{Kb} + \frac{Lc}{Kc}\right) \quad (1)$$

Fazendo o balanço de Energia na superfície da jaqueta temos:

$$\dot{E_e} = \dot{E_s} \quad (2)$$

$$\dot{E_e} = q = \frac{T_{amb,1} - T_{sup,e}}{\sum R_t} \quad (3)$$

$$\dot{E_s} = q = h_e.A.(T_{sup,e} + T_{amb,2}) \quad (4)$$

Logo:

$$\frac{T_{amb,1} - T_{sup,e}}{\sum R_t} = h_e.A.(T_{sup,e} + T_{amb,2}) \quad (5)$$

Assim: $T_{sup,e} \cong 35{,}6\ ^{o}C$

Podemos concluir então que a utilização da jaqueta construída é suficiente para isolar o equipamento do meio externo, evitando assim influências térmicas do meio que o cerca, diminuindo a perda de energia térmica para o meio ambiente quando o mesmo está em regime de trabalho, protegendo os equipamentos que o cerca e o contato de qualquer individuo com o reator e os elementos de aquecimento quando estes estiverem aquecidos.

<u>Comentário</u>:

A operação do equipamento é um processo transiente no que se refere à resposta térmica da jaqueta. As condições de regime estacionário podem não ser atingidas durante o intervalo de tempo necessário para o funcionamento do equipamento. Contudo, as condições de operação em regime estacionário fornecem o valor máximo possível para $T_{sup,e}$ de acordo com os cálculos acima.

A troca de calor por radiação entre as paredes internas da jaqueta e a parede estudada depende, na realidade, da temperatura da superfície interna da jaqueta

($T_{aluminio}$), e, embora tenha sido desprezada, existe também uma troca de calor por radiação entre a jaqueta e a vizinhança externa, que depende da temperatura $T_{sup,e}$. Uma análise mais completa pode ser feita com o objetivo de determinar simultaneamente os valores de $T_{aluminio}$ e $T_{sup,e}$.

3.4.2 Manômetro de Coluna tipo U

O cálculo relaciona as pressões aplicadas nos ramos de uma coluna de medição e altura de coluna do líquido deslocado. A equação apresenta-se como a expressão para a variação de pressão em um fluido estático, para líquidos incompressíveis,

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g \tag{6}$$

integrando e aplicando as condições de contorno aplicáveis, vem:

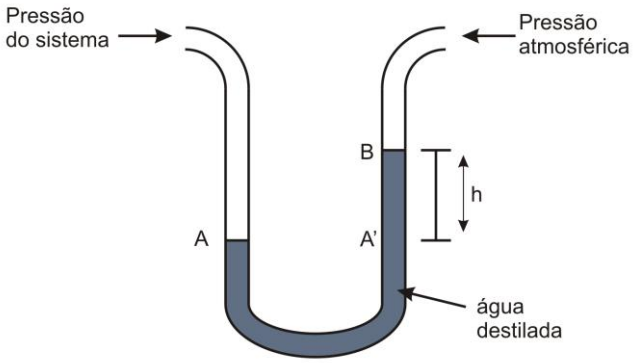
$$\int_{p_0}^{p} dp = -\int_{z_0}^{z} \rho g dz \tag{7}$$

$$p - p_0 = -\rho g(z - z_0) = \rho g(z_0 - z) \tag{8}$$

$$z_0 - z = h \tag{9}$$

$$p - p_0 = \rho g h \tag{10}$$

Figura 19 – Manômetro de Coluna Tipo U

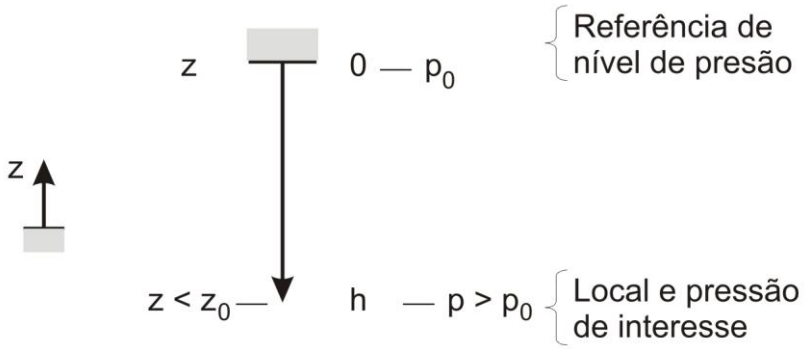


Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Considerando a pressão externa (p_0) equivalente a 101,325kPa = 1atm (a pesquisa se deu ao nível do mar), a massa específica da água destilada igual a 1000kg/m^3 , e

aceleração da gravidade (g) igual a 9,8066m/s^2, pôde-se obter os valores de pressão internos do sistema quando este esta em operação.

Figura 20 – Uso de Coordenadas z e h



Fonte: Adaptado de FOX, 2006

3.4.3 Poder Calorífico Superior (PCS)

Realizado com o equipamento Calorímetro de jaqueta isotérmica (ou isoperbólico) (Figura 14), localizado no Laboratório de Motores a Combustão Interna – Predio CT V - UFES, este adquirido da UNICAMP, cuja técnica consiste em promover a combustão da amostra a ser testada através de um filamento aquecido em uma câmara de aço inox, Bomba Calorimétrica (Figura 14) em atmosfera de oxigênio. O calor gerado pela combustão faz aumentar a temperatura de uma quantidade conhecida de água contida em um balde metálico. A temperatura é medida em função do tempo e mantida uniforme ao redor da bomba calorimétrica através de um aparelho de agitação. Através da curva do registrador é possível determinar a variação da temperatura, ou seja a variação da mili-voltagem (ΔmV) transmitida pelo sensor de temperatura para o registrador.

Assim é possível determinar o PCS das substâncias, partindo da determinação da constante *K* do equipamento, tendo como referência para isso o poder calorífico do Ácido Benzóico, $C_7H_6O_2$ (amostra padrão), 6.315kcal/kg, pode-se então determinar o PCS de qualquer substância.

$$PCS = \frac{Q}{m} \tag{11}$$

onde *Q* é o calor liberado pela amostra e *m* é a massa da amostra.

Temos que Q (liberado) = Q (recebido), logo:

$$PCS \times m = Q(liberado) = Q(recebido) = m_{H_2O} \times c_{H_2O} \times mV \quad (12)$$

$$\frac{PCS_{ab} \times m_{ab}}{\Delta mV_{ab}} = m_{H_2O} \times c_{H_2O} = K \quad (13)$$

Onde ΔmV é a variação de mili-voltagem transmitida pelo termopar, equivalente em valor a variação de temperatura, inicial e final do ensaio.

Determinado o ΔmV obtido do ensaio, é possível então determinar o PCS_a (poder calorífico da amostra), cujas unidades são kcal/kg ou J/g (SI), sendo que 1cal=4.187J.

$$\frac{PCS_a \times m_a}{\Delta mV_a} = m_{H_2O} \times c_{H_2O} = K \quad (14)$$

$$\frac{PCS_a \times m_a}{\Delta mV_a} = K \quad (15)$$

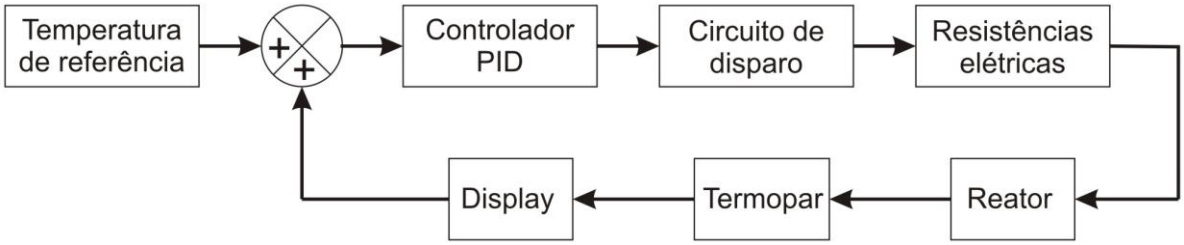
$$PCS_a = K \times \frac{\Delta mV_a}{m_a} \quad (16)$$

4 EQUIPAMENTOS DO PROCESSO

4.1 ABORDAGEM INTRODUTÓRIA

Todos os equipamentos foram montados sobre uma estrutura rígida, com mobilidade para transporte, dispostos de maneira que não haja interferência entre eles, com fácil acesso para operação e manutenção. O diagrama de blocos (Figura 21) fornece uma visão geral do funcionamento do sistema de controle da temperatura.

Figura 21 – Diagrama de controle da temperatura

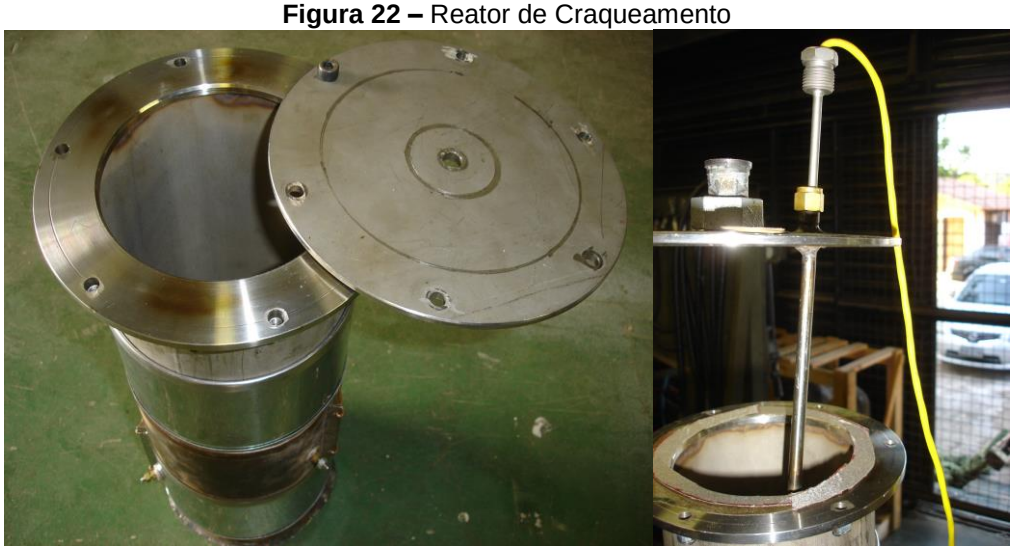


Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

4.2 REATOR DE CRAQUEAMENTO

Constitui de um vaso de pressão com peças usinadas e soldadas (Figura 22) (APÊNDICE A), todo em aço inox**,** na tampa possui poço de proteção para um sensor de temperatura, no fundo do reator possui outro acesso para o segundo sensor de temperatura, também com poço de proteção.

Figura 22 – Reator de Craqueamento



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

4.3 VASO DE RESFRIAMENTO E DE CONDENSADO

Sistema feito, os dois de vidro, com dimensões externas de 110mm x 110mm x 240mm, largura, profundidade e altura respectivamente, com 5mm de espessura, com capacidade volumétrica de 2,6 litros cada. Em um deles os gases produzidos dentro do reator são resfriados em água (Figura 23) (a água pode ser destilada, ou água potável da rede de fornecimento da concessionária, ou água mineral, ou outras), que condensam e são transferidos para um outro vaso (Figura 24), este de nível inferior, armazenando o óleo combustível.

Figura 23 – Vaso de resfriamento

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

Figura 24 – Vaso de condensado

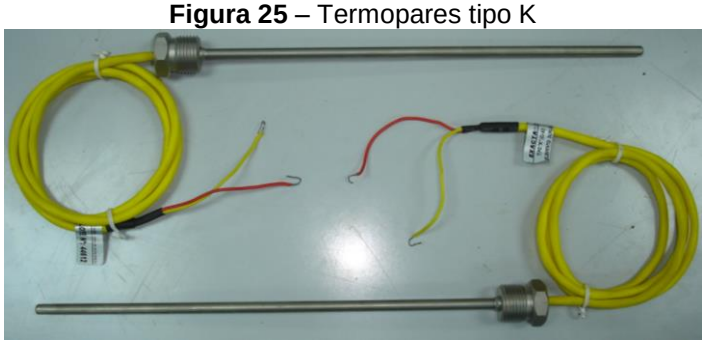
Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

4.4 MEDIÇÃO E CONTROLE DE TEMPERATURA

Para medição e controle das temperaturas do processo, são utilizados instrumentos como sensores, relés de estado sólido e controladores de temperatura.

Os sensores utilizados são termopares do tipo K, ((+)/(-) Chromel / Alumel – 0 a 1200ºC, faixa de temperatura usual) (Figura 25). São revestidos por uma bainha de proteção que confere excelente resistência à oxidação em altas temperaturas e à corrosão em baixas temperaturas.

Figura 25 – Termopares tipo K



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER, 2011.

O controlador de temperatura TCM45 (Figura 26) é um instrumento de medição e controle de temperatura com um alto grau de precisão, cuja aplicação basicamente é uma saída de controle (esta para os elementos resistivos) mais um alarme (visual ou sonoro conforme montagem do operador), possui entrada configurável para sensores de temperatura do tipo termopares tipo J, K e termo-resistência tipo PT-100. Possui display com o valor da temperatura obtida pelo sensor (esta na cor vermelho) e outro com o valor de temperatura de controle definida pelo operador (esta na cor verde), possui também auto-sintonia dos parâmetros de controle P,I e D, manual e automática.

Figura 26 – Controlado de Temperatura TCM45. (Cortesia da Contemp, 2010)

Fonte: Catálogo Técnico Contemp, 2009.

Figura 27 – Controladores de Temperatura TCM45.

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

A saída de controle do TCM45, passa por um relé de estado sólido monofásico, CR1 (Figura 28), que é utilizado para chaveamento de cargas resistivas, não oferecendo desgaste mecânico, seu controle é eletrônico de baixo consumo e alta velocidade de acionamento, possui uma vida útil muito longa, sendo perfeitamente indicado para processos de aquecimento onde a precisão é fundamental.

Figura 28 – Relé de estado sólido CR1.

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

4.5 ELEMENTOS DE AQUECIMENTO

Os elementos de aquecimento que elevam a temperatura do reator são quatro, e estão divididos em dois tipos, três deles são do tipo resistência de coleira em mica (Figura 29) ajustável a diâmetros entre 140 à 180mm, e o outro elemento é uma resistência do tipo placa cerâmica (Figura 30). Ambos elementos resistivos têm potência elétrica máxima de 1.500W, tensão de trabalho de 220V e temperatura máxima de trabalho de 750º.

Figura 29 – Resistência de coleira em mica. (Cortesia da Resistimig Indústria e Comércio Ltda, 2011)

Fonte: Catálogo de produtos do site da Resistimig, 2011.

Figura 30 – Resistência do tipo placa cerâmica. (Cortesia da ELETROTHERMO, 2010)

Fonte: Catálogo de produtos do site da ELETROTHERMO, 2010.

As resistências do tipo coleira em mica ficam presas ao corpo do cilindro do reator e são dispostas a 120º uma da outra para melhor distribuição do calor gerado por elas, enquanto que a resistência do tipo placa cerâmica fica em contato com a tampa de fundo do reator.

4.6 MULTIMEDIDOR DE ENERGIA

O Multimedidor e supervisor de grandezas Mult-K C (Figura 31) é um instrumento digital microprocessado, que permite a medição de até 101 parâmetros elétricos e indica alarmes de grandezas em sistema de corrente alternada (CA). As leituras dos parâmetros podem ser efetuadas de forma local ou remota, fazendo o uso de um conversor (Figura 33) para interface entre estações de trabalho (computadores) e barramentos de comunicação industrial.

Figura 31 - Multimedidor Trifásico Mult-K C. (Cortesia da KRON Instrumentos Elétricos Ltda)

Fonte: Ficha técnica – Multimedidor Mult-K C.

As grandezas medidas pelo multimedidor MULT-K-C são:

- Tensão fase-fase, fase-neutro e trifásica*
- Freqüência*
- Corrente (por fase, neutro e trifásica)*
- Potência ativa (por fase e trifásica)*[*]
- Potência reativa (por fase e trifásica)*
- Potência aparente (por fase e trifásica)*
- Fator de Potência (por fase e trifásico)*
- THD (por fase de tensão e corrente, até a 31ª ordem)*
- Demanda ativa (média e máxima)
- Demanda aparente (média e máxima)
- Energia ativa (positiva e negativa)
- Energia reativa (positiva e negativa)
- Horas de operação (função horímetro)
- Contador de partidas

[*] Inclui medição de máximos e mínimos.

Tabela 2 – Caracterísiticas elétricas para medição.

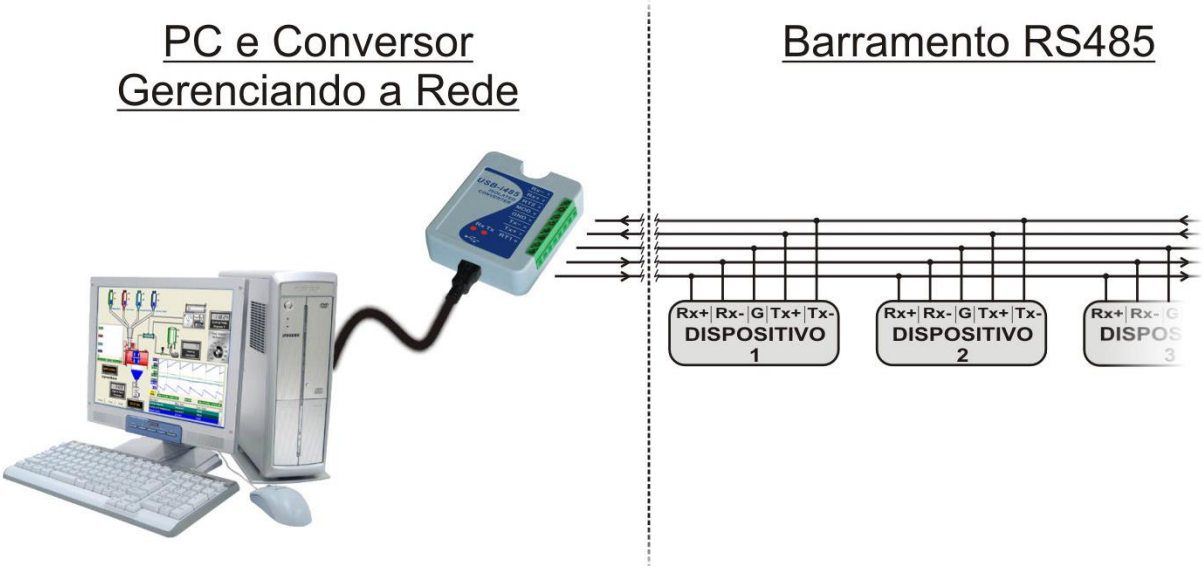
ENTRADA DE TENSÃO	ENTRADA DE CORRENTE
Faixa de trabalho: 20 a 500Vc.a. (F-F)	Nominal (In): 1Ac.a. ou 5Ac.a.
Sobrecarga: 1,5 x Vmáx (1s)	Indicação mínima: 20mA
Freqüência de operação: 44 a 72Hz	Sobrecarga: contínua 1,5 x In (padrão) ou curta duração (1s) 20 x In
Consumo interno: <0,5 VA	Consumo interno: < 0,5 VA

Fonte: Ficha técnica – K0042 – Multimedidor Mult-K C.

O Conversor USB-i485 pode ser configurado para ligação em redes RS422, RS485 a 4 fios (Full Duplex) ou RS485 a 2 fios (Half Duplex). Quando operando em RS485 a 2 fios, o controle do fluxo de dados é automaticamente controlado pelo conversor. Dois barramentos RS485 a 2 fios (Figura 32) podem ser ligados ao conversor, duplicando o número de dispositivos remotos que podem ser instalados.

- Taxa de comunicação: 300 bps a 250 kbps.
- Comprimento máximo dos cabos RS485 / RS422: 1200 metros.
- Número máximo de dispositivos na rede RS485 (considerando dispositivos com carga unitária – 12 kW): Half Duplex: 2 x 32 dispositivos. Full Duplex: 32 dispositivos.
- Alimentação pelo barramento USB, consumo <100 mA.
- Isolação: 1500 Vcc (1 minuto) entre a interface USB e a interface RS485 / RS422.
- Proteção no barramento RS485 / RS422: ± 60 Vcc, 15 kV ESD.
- Ambiente de operação: 0 a 50 °C, 10 a 90 % UR sem condensação.

Figura 32 – Forma de Ligação do Conversor USB-i485 com os dispositivos de rede (Cortesia da KRON Instrumentos Elétricos Ltda)



Fonte: Conceitos Básicos de RS485 e RS422.

Figura 33 - Conversor USB-i485. (Cortesia da KRON Instrumentos Elétricos Ltda)

Fonte: Manual de instruções USB-i485.

4.7 JAQUETA DE ISOLAMENTO

Elemento cujos objetivos são, preservar o reator de influências térmicas do meio que o cerca, diminuir a perda de energia térmica para o meio ambiente quando o mesmo está em regime de trabalho, protegendo os equipamentos que o cerca e o contato de qualquer individuo com o reator e os elementos resistivos quando estes estiverem aquecidos.

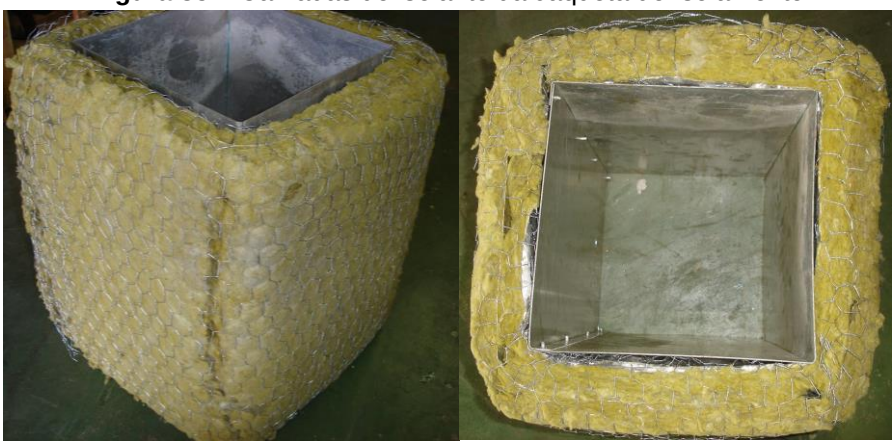
A jaqueta de isolamento (Figura 34) é dividida em camadas e/ou barreiras, onde a primeira é uma barreira de ar entorno do reator, seguida de uma camisa de alumínio polido, sobreposto de duas camadas de manta de lã de rocha (Figura 35) com suas faces com folhas de alumínio direcionadas para o reator, e por fim, cercando toda a

jaqueta criando uma barreira de contato de qualquer individuo com o interior aquecido, atuando como mais um isolante térmico e definindo a forma da jaqueta de isolamento, uma caixa de madeira.

Figura 34 – Jaqueta de Isolamento aberta (vista superior)

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

Figura 35 – Camadas de isolante da Jaqueta de Isolamento



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

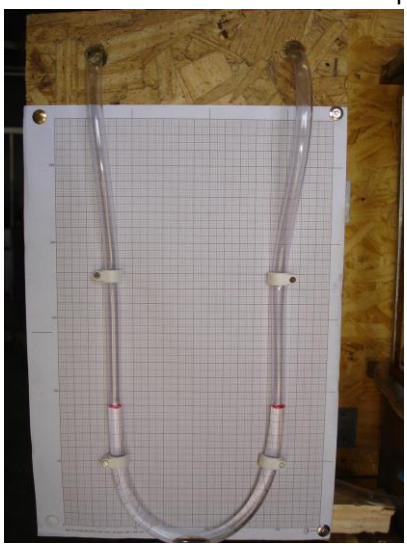
4.8 MANÔMETRO DE COLUNA TIPO U

A determinação por utilizar este equipamento veio da necessidade de se obter as pressões resultantes do processo de degradação térmica do resíduo plástico. O uso inicial de manômetros convencionais do tipo de Bourdon mostrou-se ineficaz devido as baixíssimas pressões resultantes no processo.

Devido a essa necessidade, foi construído um manômetro de coluna tipo U (Figura 36), com água destilada, como líquido de enchimento, onde o valor da pressão

medida, pressão manométrica, é obtida pela leitura da altura de coluna de líquido deslocada em função da intensidade da referida pressão aplicada.

Figura 36 – Manômetro de Coluna Tipo U



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

5 RESULTADOS

Serão apresentados os resultados obtidos com o funcionamento e operação do equipamento construído, observando que os resultados aqui revelados servem apenas para mostrar que a proposta de aproveitar resíduos plásticos para produção de um óleo combustível é valida, deixando os planejamentos estatísticos e outras metodologias de pesquisa para as propostas futuras.

5.1 O ÓLEO OBTIDO

O produto obtido durante os testes tem características similares a de um combustível, com capacidade de ser utilizado para queima. Algumas características puderam ser levantadas no LAB-PETRO da UFES, cujas técnicas e procedimentos encontram-se no ANEXO A e B, e de ensaios realizados no Calorímetro do CT – UFES (Tabela 3).

O primeiro ensaio (Tabela 4) realizado no equipamento experimental (1ª Fase), utilizou como material para análise o pallet (Figura 37), um grão plástico produzido pelo processo de reciclagem mecânica de resíduos plásticos de origem do polietileno possibilitando a obtenção da amostra do óleo (Figura 38). Este enviado para análise (ANEXO A) que resultou nos valores presentes na Tabela 3.

Tabela 3 - Análise laboratorial da amostra de óleo do primeiro teste

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE
TEOR DE ÁGUA	1,38	% (v/v)
DENSIDADE A 20ºC	0,7991	g/cm^3
GRAU API A 20ºC	44,7	-
VISCOSIDADE CINEMÁTICA A 40ºC	3,3565	mm^2/s
PONTO DE FLUIDEZ	37,0	ºC
SALINIDADE (NACL) NO ÓLEO	< 5,00	mg/L
ÍNDICE DE ACIDEZ TOTAL	< 0,10	mgKOH/g
TEOR DE ENXOFRE	0,0061	% (m/m)
PODER CALORÍFICO SUPERIOR*	35.855,03	kJ/kg

Fonte: LAB-PETRO – DQUI – UFES

* Dados obtidos no Calorimetro – Itufes – CT – UFES

Figura 37 - Grão de pallet

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

Figura 38 - Vaso com duas misturas, óleo produzido (superior) e a água de resfriamento (inferior)

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

Tabela 4 - Considerações gerais do primeiro ensaio

PARÂMETRO	VALOR MEDIDO
Massa da amostra [kg]	1,0
Temperatura de trabalho [ºC]	500
Pressão Manométrica máxima registrada [kPa]	101,952
Tempo de Ensaio [h]	2,5
Consumo médio de energia elétrica [Wh]	529,409
Volume de combustível obtido [ml]	1.100
Massa de resíduo no reator [kg]	0,053

Fonte: Dados Experimentais

O segundo ensaio realizado no equipamento experimental 2ª Fase (Tabela 6), fez o uso dos mesmos parâmetros utilizados no primeiro ensaio, exceto o material que

desta vez foi utilizado o polietileno moído (Figura 39), proporcionou a obtenção de uma amostra de óleo que enviada para análise (ANEXO B) que resultou nos valores da Tabela 5.

Figura 39 – Resíduo de plástico (polietileno) moído

Fonte: Thiago Rocha Schaeffer – Sony DSC-P150

Tabela 5 - Análise laboratorial da amostra de óleo do segundo teste

ENSAIO	RESULTADO	UNIDADE
TEOR DE ÁGUA	0,20	% (v/v)
DENSIDADE A 20ºC	0,7773	g/cm^3
GRAU API A 20ºC	49,6	-
VISCOSIDADE CINEMÁTICA A 40ºC	1,8332	mm^2/s
PONTO DE FLUIDEZ	18,0	ºC
SALINIDADE (NACL) NO ÓLEO	< 5,00	mg/L
ÍNDICE DE ACIDEZ TOTAL	-	mgKOH/g
TEOR DE ENXOFRE	0,012	% (m/m)
PODER CALORÍFICO SUPERIOR*	34.427,67	kJ/kg

Fonte: LAB-PETRO – DQUI – UFES.

Tabela 6 – Dados do segundo ensaio

PARÂMETRO	VALOR MEDIDO
Massa da amostra [kg]	1,0
Temperatura de ensaio [º C]	500
Pressão Manométrica máxima registrada [kPa]	102,639
Tempo de Ensaio [h]	2,5
Consumo médio de energia elétrica [Wh]	528,852
Volume de combustível obtido [ml]	1.200
Massa de resíduo no reator [kg]	0,037

Fonte: Dados Experimentais.

* Dados obtidos no Calorímetro – Itufes – CT – UFES

Apesar das amostras utilizadas durante os ensaios serem quimicamente iguais, polietileno, a variação nos resultados da primeira amostra para a segunda são resultantes de alguns vazamentos nas vedações do reator que ocorreram durante o processo, variação na quantidade de impurezas presentes no material, presença de ou mais PEAD ou PEBD, tudo isso entre outros fatores contribuíram para essa variação. Sendo necessária para pesquisas posteriores uma adequação, controle e uma metodologia apropriada, pois este projeto objetivou apenas a reprodução de um equipamento já existente e a comprovação de sua real funcionabilidade.

5.2 COMPARAÇÕES

Como abordagem comparativa entre o poder calorífico obtido com as amostras derivadas do processo realizado no protótipo segue, um quadro com o PCS de alguns produtos do refino do petróleo e o das amostras coletadas nessa pesquisa.

Tabela 7 – Poder Calorífico Superior de alguns combustíveis

	PRODUTO	PCS (kcal/kg)
REFINO DO PETRÓLEO	Gás liquefeito do petróleo*	11.920
	Querosene *	11.940
	Diesel*	10.954
	Gasolina*	10.500
AMOSTRAS COLETADAS	Óleo (1º teste)**	8.563,417
	Óleo (2º teste)**	8.222,515
	Matéria negra (1º teste)**	6.679,258
	Matéria negra (2º teste)**	5.792,671

Fonte: *Dados obtidos do Laboratório de Combustíveis da UNICAMP
**Dados obtidos no Calorímetro – Itufes – CT - UFES

Outra observação importante é com relação a redução de massa do resíduo plástico que pode ser obtido pelo processo proposto neste trabalho (Tabela 8), sendo significativamente importante, por quê, reduzindo a massa há redução de volume, e dependendo do resíduo plástico, uma massa de 1Kg, que pode, equivaler a um volume de $1m^3$, devido a baixa densidade do mesmo, exemplo disso é o isopor, que ao ser descartado em aterros sanitários ou em lixões, ocupa imensas áreas, e se este for incinerado, libera quantidade expressivas de poluentes, (aromáticos, materiais pesados) que causam danos a saúde humana e ao meio ambiente.

Tabela 8 – Redução de massa do resíduo pelo processo proposto por este trabalho

MASSA DE PLÁSTICO (g)	MASSA DA MATÉRIA NEGRA (g)	TEOR DE MATÉRIA NEGRA NO PLÁSTICO % (g/g)	TEOR DE RESÍDUO CONTIDO NA MATÉRIA NEGRA % (g/g)	REDUÇÃO TOTAL DE MASSA % (g/g)
1000	53	5,30%	22,85%	98,79%
1000	37	3,70%	27,29%	98,99%

Fonte: Dados Experimentais

5.3 ANÁLISE DO RESÍDUO

Os resíduos gerados pelo processo podem ser classificados quanto a sua natureza, um é a água de resfriamento que ao final do processo esta contaminada com vestígios de óleo, devido a formação do mesmo ocorrer em contato com a água, e o outro é um material que denominamos matéria negra, esta depositada no fundo do reator. A água pode ser reaproveitada para o mesmo processo, ou tratada para consumo, por meio de filtragem e/ou destilação.

Com a utilização de um Calorímetro, foi possível realizar ensaios e levantar o PCS da matéria negra.

Tabela 9 - Análise laboratorial do PCS das amostras dos resíduos no interior do reator

AMOSTRA	kcal/kg	kJ/kg
Matéria negra do 1º ensaio	6.679,26	27.966,05
Matéria negra do 2º ensaio	5.792,67	24.253,91

Fonte: Dados Experimentais

Após o ensaio das amostras de matéria negra no Calorímetro, obteve-se um outro material, este resultado da queima da amostra (Figura 40) na bomba calorimétrica, resultando em um material cristalizado, formado de grãos sólidos, com características desconhecidas.

Tabela 10 – Porcentagem de resíduo após levantamento do Poder Calorífico Superior

AMOSTRA	MASSA ANTES (g)	MASSA APÓS (g)	%(g/g)
Matéria negra do 1º ensaio	1,1343	0,2592	22,85
Matéria negra do 2º ensaio	1,2073	0,3295	27,29

Fonte: Dados obtidos no Calorímetro – Itufes – CT - UFES

Figura 40 – Resíduos da Matéria Negra Após Levantamento do PCS

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

5.4 ANALISE ENERGÉTICA

Com base nos resultados obtidos durante os ensaios, podemos elaborar uma análise energética simplificada do processo. Na Tabela 11 temos os valores dos PCS dos materiais utilizados no ensaio comparados com o polietileno virgem (grão), ou seja, matéria-prima “pura” para indústria de plásticos.

Tabela 11 – PCS do Polietileno possível de ser utilizado

MATERIAL	PCS (kJ/kg)
Polietileno Virgem	45.994,20
Pallet	46.913,98
Resíduo Plástico Moído	40.482,51

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

Figura 41 – (a) Grãos de Polietileno Virgem, (b) Grãos de Polietileno Pallet, (c) Resíduo de Polietileno Moído

Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

5.4.1 Relativo ao primeiro teste do equipamento

Massa de óleo obtida:

$m_{óleo}$ = 1.100cm^3 (1,1l) x 0,7991g/cm^3 = 879,01g

Massa de resíduo:

$m_{matéria\ negra}$ = 53,06g

Balanço de massa:

$$\sum M_E - \sum M_S = 0 \tag{17}$$

$$\sum M_E = m_{plástico} \tag{18}$$

$$\sum M_S = m_{óleo} + m_{matéria_negra} + m_{perdas} \tag{19}$$

$$\therefore m_{perdas} = 67{,}93g$$

m_{perdas} é considerada a massa de material perdida pelo vazamento de voláteis.

Energia consumida:

$E_{elétrica}$ = 529,409Wh x 2,5h x 3.600s = 4.764,681kJ

Energia do polietileno (em forma de pallet):

$E_{plástico}$ = PCS x massa = 46.913,98kJ/kg x 1,0Kg = 46.913,98kJ

Energia do óleo:

$E_{óleo}$ = PCS x massa = 35.855,03kJ/kg x 0,879Kg = 31.516,57kJ

Energia da matéria negra:

$E_{matéria\ negra}$ = PCS x massa = 27.966,05kJ/kg x 0,053kg = 1.482,20kJ

Balanço de energia:

$$\sum E_E - \sum E_S = 0 \tag{20}$$

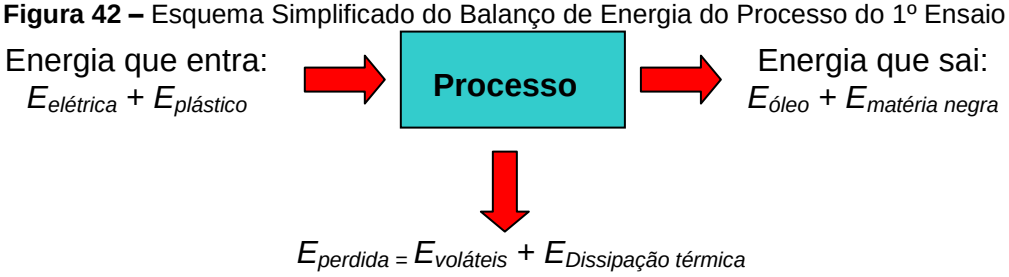
$$\sum E_E = E_{plástico} + E_{elétrica} \tag{21}$$

$$\sum E_S = E_{óleo} + E_{matéria_negra} + E_{pedida} \tag{22}$$

$$E_{perdida} = 18.679{,}891 \ kJ$$

$E_{perdida}$ é a soma da energia térmica cedida para o meio ambiente mais a energia presente nos voláteis perdidos por vazamentos.

Figura 42 – Esquema Simplificado do Balanço de Energia do Processo do 1º Ensaio



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

5.4.2 Relativo ao segundo teste do equipamento

Massa de óleo obtida:

$$m_{óleo} = 1.200cm^3\ (1{,}2l) \times 0{,}7773g/cm^3 = 932{,}76g$$

Massa de resíduo:

$$m_{matéria\ negra} = 37g$$

Balanço de massa:

$$\sum M_E - \sum M_S = 0 \tag{23}$$

$$\sum M_E = m_{plástico} \tag{24}$$

$$\sum M_S = m_{óleo} + m_{matéria_negra} + m_{perdas} \tag{25}$$

$$\therefore m_{perdas} = 30{,}24\,g$$

m_{perdas} é considerada a massa de material perdida pelo vazamento de voláteis.

Energia consumida:

$E_{elétrica}$ = 528,852Wh x 2,5h x 3.600s = 4.759,668kJ

Energia do polietileno (em forma de resíduo moído):

$E_{plástico}$ = PCS x massa = 40.482,51kJ/kg x 1,0Kg = 40.482,51kJ

Energia do óleo:

$E_{óleo}$ = PCS x massa = 34.427,67kJ/kg x 0,932Kg = 32.086,58kJ

Energia da matéria negra:

$E_{matéria\ negra}$ = PCS x massa = 24.253,91kJ/kg x 0,037Kg = 897,39kJ

Balanço de energia:

$$\sum E_E - \sum E_S = 0 \tag{26}$$

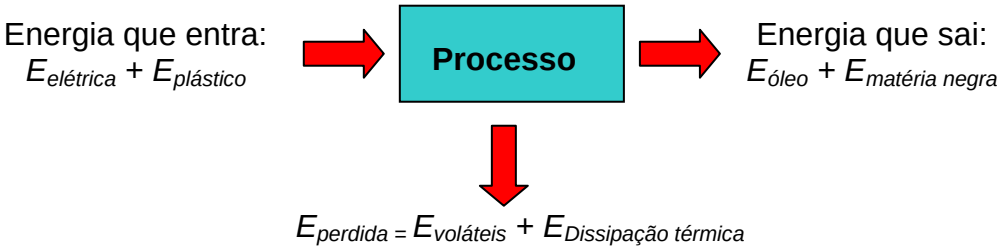
$$\sum E_E = E_{plástico} + E_{elétrica} \tag{27}$$

$$\sum E_S = E_{óleo} + E_{matéria_negra} + E_{pedida} \tag{28}$$

$$E_{perdida} = 12.258{,}208\ \text{kJ}$$

$E_{perdida}$ é a soma da energia térmica cedida para o meio ambiente mais a energia presente nos voláteis perdidos por vazamentos.

Figura 43 - Esquema Simplificado do Balanço de Energia do Processo do 2º Ensaio



Fonte: DUQUE e SCHAEFFER.

Tabela 12 – Comparação dos Resultados dos Ensaios

PARÂMETRO	1º TESTE	2º TESTE
$m_{óleo}$ (g)	879,01	932,76
$m_{matéria\ negra}$ (g)	53,06	37
m_{perdas} (g)	67,93	30,24
$E_{elétrica}$ (kJ)	4.764,681	4.759,668
$E_{plástico}$ (kJ)	46.913,98	40.482,51
$E_{óleo}$ (kJ)	31.516,57	32.086,58
$E_{matéria\ negra}$ (kJ)	1.482,20	897,39
$E_{perdida}$ (kJ)	18.679,891	12.258,208

Fonte: Dados Experimentais

Com isso, pôde-se observar que a utilização do polietileno oriundo de processos de reciclagem ou coleta seletiva para produção de combustíveis é extremamente mais vantajosa (Tabela 13) que seu descarte em aterros sanitários, ou incineração descontrolada.

Tabela 13 – Rendimento energético

	1º TESTE		2º TESTE	
ENERGIA	kJ	%	kJ	%
E_{entra}	51.684,661	100	45.242,178	100
$E_{aproveitável}$	32.998,77	63,98	32.983,97	72,91
$E_{perdida}$	18.679,891	36,12	12.258,208	27,09

Fonte: Dados Experimentais

6 CONCLUSÃO

A obtenção do óleo combustível no modelo experimental foi determinante para levantamento de questionamentos que foram sendo respondidos e projetados para futuras pesquisas.

A determinação do poder calorífico do óleo somado com as características repassadas pelo LAB-PETRO da UFES, mostram que ainda há muito a se pesquisar, pois, ao se optar em realizar a transformação de resíduos plásticos em um combustível, capaz de substituir combustíveis derivados do refino do petróleo, se torna algo lucrativo para os diversos segmentos da cadeia da reciclagem, criação de empregos e oportunidades, bem como para o meio ambiente, já que a redução destes materiais dispostos de maneira regular e irregular diminui os problemas de contaminação e proliferação de doenças, como a dengue.

Outro fator muito importante é com relação a produção de um combustível com teor de enxofre muito inferior ao encontrado em combustíveis derivados do refino do petróleo, como querosene, 0,06%(m/m), ou o diesel com 0.92%(m/m). Esta redução de enxofre num combustível é um dos itens mais desejados, tanto na indústria petroquímica, quanto na de veículos, que reduziria custos com produtos para reter ou transformar esse elemento com alto grau de toxidade.

A realização de um ensaio para determinação do PCS na matéria negra fez com que o aproveitamento energético do resíduo plástico fosse além da produção do óleo combustível, o poder calorífico da matéria negra obtida pelo processo de degradação térmica do resíduo plástico, é muito próximo ao de alguns carvões, entre 3000 a 7500kcal/kg, dependendo da natureza do mesmo.

A aplicabilidade de métodos de reaproveitamento de resíduos pode ser muito mais do que um bem para o planeta, ou fonte de renda, é a melhor maneira de se tentar fechar o ciclo de extração, produção, consumo e descarte dos materiais que são diariamente consumidos, esgotando toda e qualquer capacidade que o planeta pode ter de se renovar.

6.1 PROPOSTAS PARA O FUTURO

Depois do projeto realizado e dados coletados, sugerimos, que estudos para melhoramentos do equipamento para futuros projetos, bem como as eficiências do mesmo.

Desenvolvimento de um estudo para melhorar a eficiência energética do equipamento, contemplando um método mais eficiente para o aquecimento e contenção da carga térmica utilizada durante o processo de degradação dos resíduos plásticos.

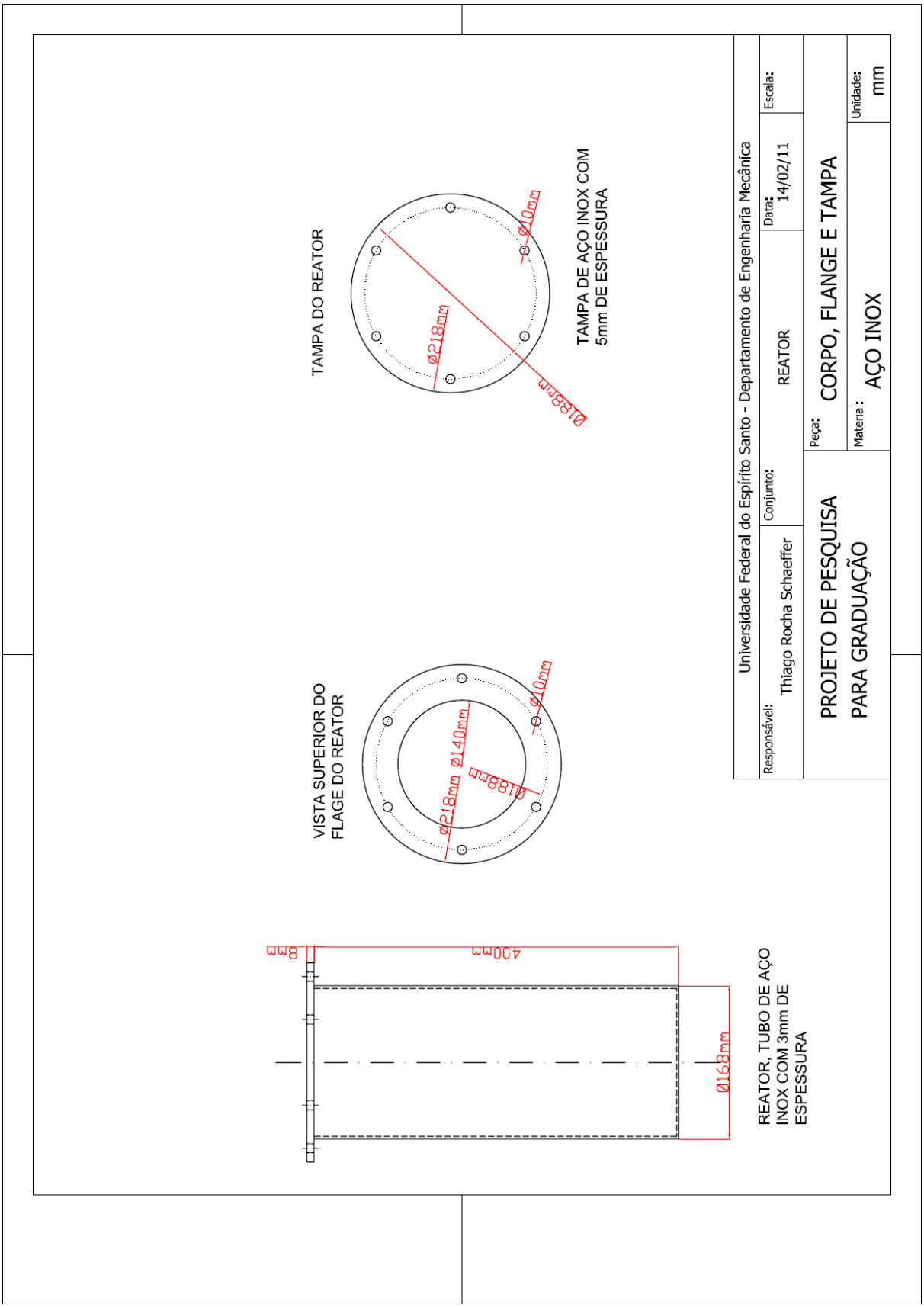
Elaboração de estudos sobre metodologias para análises do processo de degradação térmica tanto do polietileno como de outros plásticos que geram resíduos.

Elaboração de estudos para um processo continuo de alimentação e extração dos produtos e subprodutos gerados (óleo, e matéria negra), de modo que esse novo processo seja superior ao processo em batelada, tanto em eficiência quanto em produtividade.

Realizar ensaios com os diversos tipos de resíduos de materiais plásticos, com o intuito de se caracterizar os produtos e subprodutos gerados, assim como a eficiência energética que pode ser obtida de cada material, para possibilitar um método de transformação e reaproveitamento dos resíduos plásticos gerados pela sociedade, reduzindo o impacto que eles geram ao meio ambiente.

Deve-se realizar um planejamento estatístico para realização de ensaios com a variação de parâmetros operacionais (temperatura, tempo, catalisadores, etc), registrar todos os parâmetros durante os ensaios (energia, tempo, volume de óleo, temperatura, pressão, etc) de preferência em gráficos e caracterizar os materiais usados e os produtos obtidos.

APÊNDICE A


TAMPA DO REATOR
Ø218mm
Ø210mm
Ø188mm
TAMPA DE AÇO INOX COM
5mm DE ESPESSURA
VISTA SUPERIOR DO
FLAGE DO REATOR
Ø218mm
Ø140mm
Ø188mm
Ø210mm
8mm
400mm
Ø168mm
REATOR, TUBO DE AÇO
INOX COM 3mm DE
ESPESSURA
Universidade Federal do Espírito Santo - Departamento de Engenharia Mecânica
Responsável:
Thiago Rocha Schaeffer
Conjunto:
REATOR
Data:
14/02/11
Escala:
PROJETO DE PESQUISA
PARA GRADUAÇÃO
Peça:
CORPO, FLANGE E TAMPA
Material:
AÇO INOX
Unidade:
mm

ANEXO A

LABPETRO DQUI-UFES	**Boletim de Resultado(s) Analítico(s) - BRA** **LABPETRO** - Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Metodologias para Análise de Petróleos	EMISSÃO: 27/06/2011 ID LABPETRO Nº 2816

Solicitante : Thiago (aluno Prof. Elias Dalvi) – Eng. Mecânica
Campo: Não informado
Objetivo: Análise de óleo combustível
Química responsável: Verônica Santos de Morais – CRQ: 03155576
Coordenador do LabPetro: Prof. Dr. Eustáquio Vinícius Ribeiro de Castro
Tel: (27) 3335-2955/ (27) 3335-2968

Procedência da Amostra: Não informada
Recebida no LabPetro em: 31/05/2011
Enviada por: Não informado
Hora: 10:00h

DADOS AMOSTRAIS

Data da coleta: Não informada
Campo: Não informado
Natureza da Amostra: Óleo combustível
Poço: Não informado
Identificação: Óleo combustível
Ponto de Amostragem: Não informado
Pressão (Kgf/cm^2): Não informado
Hora: Não informado
Responsável pela coleta: Não informado
Volume Coletado: aprox. 1000 mL
N° de Frascos: 01
°API: Não informado
Temperatura (°C): Não informado

OBSERVAÇÕES: Nada a informar

BOLETIM LABPETRO

Período Realização dos Ensaios: de 13/06/2011 a 22/06/2011

ENSAIO	TÉCNICA	PROCEDIMENTO	RESULTADO	UNIDADE
Teor de água (Karl Fischer)	Potenciometria	ASTM D 4377-00	1,38	% (v/v)
Densidade a 20°C	Densitometria	ASTM D 7042-04	0,7991	g/cm^3
Grau API a 20°C	Calculado	Software Densida.exe versão 2.0	44,7	-
Viscosidade Cinemática a 20°C	Viscosimetria	ASTM D 7042-04 (Calculado)	5,5255	mm^2/s
Viscosidade Cinemática a 40°C	Viscosimetria	ASTM D 7042-04 (Calculado)	3,3565	mm^2/s
Viscosidade Cinemática a 50°C	Viscosimetria	ASTM D 7042-04 (Calculado)	2,7321	mm^2/s
Ponto de fluidez	Manual	ASTM D 97-05	37,0	°C
Salinidade (NaCl) no óleo	Titulometria	Interno POP-LP-008	< 5,00	mg/L
Índice de acidez total	Potenciometria	ASTM D 664-06	< 0,10	mgKOH/g
Teor de enxofre total	Espectroscopia	ASTM D 4294-08	0,0061	% (m/m)

Pág. 1	**O(s) resultado(s) reportado(s) neste documento refere(m)-se à(s) amostra(s) analisada(s). Este BRA somente pode ser reproduzido na sua totalidade e com a aprovação por escrito do laboratório e cliente.**	**Responsável:** **Verônica S. de Morais**

ANEXO B

LABPETRO DQUI-UFES	**Boletim de Resultado(s) Analítico(s) - BRA** **LABPETRO** - Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento de Metodologias para Análise de Petróleos	EMISSÃO: 27/06/2011 ID LABPETRO Nº 2824

Solicitante : Thiago (aluno Prof. Elias Dalvi) – Eng. Mecânica
Campo: Não informado
Objetivo: Análise de óleo combustível
Química responsável: Verônica Santos de Morais – CRQ: 03155576
Coordenador do LabPetro: Prof. Dr. Eustáquio Vinícius Ribeiro de Castro
Tel: (27) 3335-2955/ (27) 3335-2968

Procedência da Amostra: Não informada
Recebida no LabPetro em: 13/06/2011
Enviada por: Não informado
Hora: 15:00h

DADOS AMOSTRAIS

Data da coleta: Não informada
Campo: Não informado
Natureza da Amostra: Óleo combustível
Poço: Não informado
Identificação: Óleo combustível
Ponto de Amostragem: Não informado
Pressão (Kgf/cm^2): Não informado
Hora: Não informado
Responsável pela coleta: Não informado
Volume Coletado: aprox. 1000 mL
N° de Frascos: 01
°API: Não informado
Temperatura (°C): Não informado

OBSERVAÇÕES: Nada a informar

BOLETIM LABPETRO

Período Realização dos Ensaios: de 13/06/2011 a 22/06/2011

ENSAIO	TÉCNICA	PROCEDIMENTO	RESULTADO	UNIDADE
Teor de água (Karl Fischer)	Potenciometria	ASTM D 4377-00	0,20	% (v/v)
Densidade a 20°C	Densitometria	ASTM D 7042-04	0,7773	g/cm^3
Grau API a 20°C	Calculado	Software Densida.exe versão 2.0	49,6	-
Viscosidade Cinemática a 20°C	Viscosimetria	ASTM D 7042-04 (Calculado)	2,5392	mm^2/s
Viscosidade Cinemática a 40°C	Viscosimetria	ASTM D 7042-04 (Calculado)	1,8332	mm^2/s
Viscosidade Cinemática a 50°C	Viscosimetria	ASTM D 7042-04 (Calculado)	1,5960	mm^2/s
Ponto de fluidez	Manual	ASTM D 97-05	18,0	°C
Salinidade (NaCl) no óleo	Titulometria	Interno POP-LP-008	< 5,00	mg/L
Teor de enxofre total	Espectroscopia	ASTM D 4294-08	0,012	% (m/m)

Pág. 1	**O(s) resultado(s) reportado(s) neste documento refere(m)-se à(s) amostra(s) analisada(s). Este BRA somente pode ser reproduzido na sua totalidade e com a aprovação por escrito do laboratório e cliente.**	**Responsável:** **Verônica S. de Morais**

ANEXO C

Contemp
Medição, Controle e Monitoramento de Processos Industriais

MANUAL DE INSTRUÇÕES

CONTROLADORES DE TEMPERATURA
Modelos: **TCM44 | TCM45 | TCM77 | TCM99**
Versão 01 / Revisão 04

CONTEMP IND. COM. E SERVIÇOS LTDA.
Al. Araguaia, 204 - CEP 09560-580
S. Caetano do Sul - SP - Brasil
Fone: 11 4223-5100 - Fax: 11 4223-5103
vendas@contemp.com.br
www.contemp.com.br

SUPORTE TÉCNICO:
11 4223-5125
asstec@contemp.com.br

SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE
CERTIFICADO ISO 9001

1. INTRODUÇÃO

Os controladores TCM possuem entradas e saídas adequadas à maioria das aplicações de temperatura em processos e equipamentos. Todas as funções, entradas e saídas são configuradas através de teclado sem necessidade de alterações no circuito. Contém um menu reduzido e suficiente para executar as principais funções exigidas em diversos processos, tornando-se um produto versátil e amigável ao usuário.
É baseado em microcontrolador RISC com operações matemáticas e algoritmos equacionados em 32 bits com ponto flutuante, o que lhe confere exatidão no processamento dos sinais.

2. CARACTERÍSTICAS

- Alimentação: universal
- Entradas: J, K e PT100.
- Controle por pulso ou relé.
- Alarme com múltiplas funções.
- Auto-sintonia dos parâmetros P.I.D.
- Proteção dos parâmetros.
- Auto-calibração.

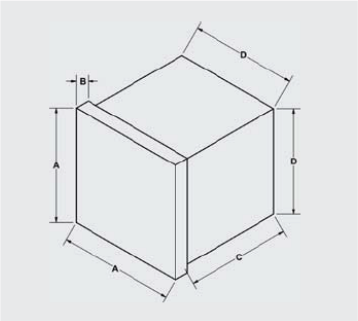
3. ESPECIFICAÇÕES

ENTRADAS:	
Tipo/norma:	Termopares (ASTM E230/98): J: -50 a 800ºC / K: -100 a 1300ºC Termoresistência (ASTM E1137/98): PT100: -200 a 530ºC
Exatidão:	0,3% do fundo de escala a 25ºC
Resolução:	Conversão A/D em 16 bits Display com 12000 pontos (-1999 ~ 9999)
Amostragem:	Até 5/segundo
Impedância:	Termopares e termoresistências > 10Mohms Tensão > 1,5 Mohms / Corrente = 100ohms
Tipo:	1 relé SPST-N.A.
Capacidade:	3A/250Vac
SAÍDA À PULSO:	
Sinal:	PWM (pulso) -1 a 200s
Capacidade:	24Vcc/25mA
ALIMENTAÇÃO:	
Tensão:	85 ~ 265VAC/DC ou 10 ~ 30VAC/DC (opcional)
Frequencia:	50 ~ 60Hz
Consumo:	5VA
DISPLAY:	
Tipo / tamanho:	TCM44: Simples 10mm / TCM45: Duplo 10mm e 8mm TCM77: Duplo 13 e 10mm / TCM99: Duplo 20mm e 10mm
CAIXA:	
Dimensional:	TCM44 e 45: 48x48x117mm TCM77: 72x72x74mm / TCM99: 96x96x74mm
Peso:	140g (TCM44 e 45) / 170g (TCM77) / 260g (TCM99)
Material	Termoplásticos ABS e policarbonato
Grau de proteção	IP54 frontal (TCM44 e TCM45) e IP40 no frontal (TCM77 e TCM99)
AMBIENTE DE OPERAÇÃO:	
Temperatura:	-10 a 55ºC
Umidade:	30 a 85% sem condensação

4. INSTALAÇÃO

4.1. Mecânica (dimensões em mm):

O corte no painel deve ser feito 3mm maior que a medida da lateral.

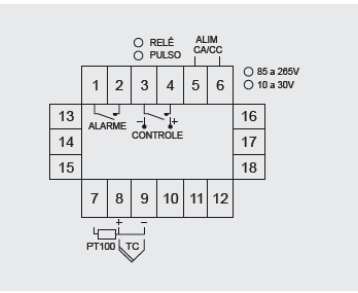


MODELO	A	B	C	D
TCM44	48	15	100	45
TCM45	48	15	100	45
TCM77	72	10	67	67
TCM99	96	10	67	91

4.2. Elétrica:

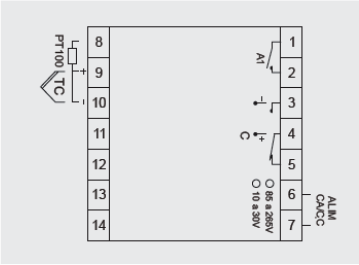
Os terminais são do tipo parafusados, permitindo conexões com condutores de secção igual ou inferior a 1,5mm² (AWG16).

TCM44/45



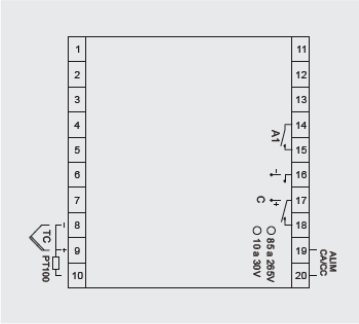
Bornes 1-2: Saída de alarme.
Bornes 3-4: Saída de controle (relé ou pulso)
Bornes 5-6: Entrada de alimentação de 85 a 265V ou 10 a 30V (opcional).
Bornes 7-8-9: Entradas de sensores conforme ligação indicada.

TCM77



Bornes 1-2: Saída de alarme.
Bornes 3-4-5: Saída de controle (relé ou pulso)
Bornes 6-7: Entrada de alimentação de 85 a 265V ou 10 a 30V (opcional).
Bornes 8-9-10: Entradas de sensores conforme ligação indicada.

TCM99



Bornes 14-15: Saída de alarme.
Bornes 16-17-18: Saída de controle (relé ou pulso)
Bornes 19-20: Entrada de alimentação de 85 a 265V ou 10 a 30V (opcional).
Bornes 8-9-10: Entradas de sensores conforme ligação indicada.

Observações:

- Os condutores de sinais de entrada devem ser canalizados em eletrodutos aterrados,separados da alimentação e potência.
- Os controladores devem ser alimentados através de uma rede própria para instrumentação, sem flutuações de tensão, livre de harmônicas e interferências.
- Em caso de interferências eletromagnéticas (EMI) é recomendável o uso de filtros RC paralelo às bobinas de contatores ou solenóides que estejam gerando tais interferências.
- Para ligar um termopar ao controlador, utilizar cabo de extensão ou compensação compatível com este, observando a polaridade correta.
- Para ligar um PT100 ao controlador, utilizar condutores de mesmo comprimento e bitola, não excedendo 10ohms a resistência de linha.

5. PAINEL DE OPERAÇÃO

5.1. Sinalização

C	Acende ou pisca proporcionalmente à saída de controle.
AL/A1	Acende quando ocorrer um alarme. Pisca quando o alarme é temporizado.
SP	Acende quando o display inferior apresenta o valor de set-point.
AT	Pisca enquanto o controlador executa a auto-sintonia do P.I.D.

5.2. Display

No TCM44 o display indica a leitura da variável do processo PV, sendo necessário acionar as teclas de navegação para acessar os demais parâmetros.
No TCM45/77/99 o display superior indica a leitura da variável do processo, e o display inferior indica o set-point SP ou os parâmetros no modo de configuração ConF e calibração CAL.

5.3. Teclado

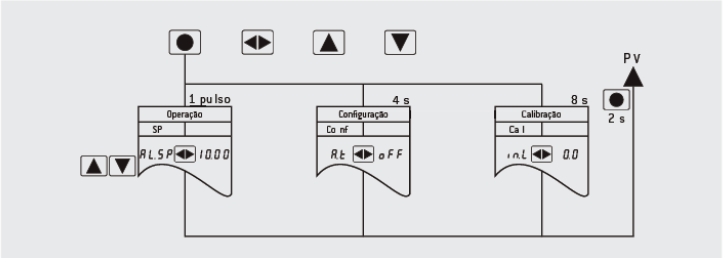
TECLA	FUNÇÃO
●	Navegação entre blocos de parâmetros: (Vide item 6:) Pressionada 1 vez: Bloco de operação Pressionada 4 s: Bloco de configuração Pressionada 8 s: Bloco de calibração Obs: Para retornar de qualquer parâmetro à tela principal, pressioná-la 2 s.
◀▶	Entra e sai no conteúdo dos parâmetros.
▲	Incrementa ou troca a variável apresentada. Nos blocos de parâmetros, sobe na coluna, parando no primeiro parâmetro.
▼	Decrementa ou troca a variável apresentada. Nos blocos de parâmetros, desce na coluna, parando no último parâmetro.

6. PARAMETRIZAÇÃO

O controlador é constituído por 3 blocos de Parametrização:

Operação:	Onde se ajusta o Set-Point do Controle e/ou do Alarme.
Configuração:	Onde são definidas as características de entrada, saídas e o modo de trabalho do controlador.
Calibração:	Onde se efetua a correção da calibração do controlador

Para entrar nos blocos, navegar e alterar os parâmetros, seguir o roteiro abaixo:



* As alterações serão gravadas ao retornar à tela principal.
* Após 60 segundos sem pressionar qualquer tecla, o display retorna à tela principal.

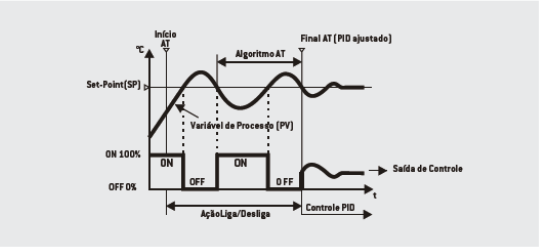
6.1. Operação

DISPLAY	NOME	DESCRIÇÃO	VALORES VÁLIDOS
SP	Set-Point de controle	Ajusta o ponto de trabalho do controlador	De in.L a in.H definido no bloco de configuração
AL.SP	Set-Point do alarme	Ajusta o set-point do alarme. Disponível se habilitado no parâmetro AL.oP no bloco de configuração.	De in.L a in.H

6.2. Configuração

DISPLAY	NOME	DESCRIÇÃO	VALORES VÁLIDOS
ConF	Bloco de configuração	Indica que o usuário está no bloco de configuração	
At	Auto-sintonia	Executa a identificação e otimização dos parâmetros p/ o controle PID, obtendo melhor controle do sistema	oFF: desligado on: inicia a identificação e otimização
P	Banda proporcional	Ajusta a banda proporcional do controle. Ao fim da auto-sintonia este valor é otimizado.	oFF: controlador opera em on/off 0,1 a 9999 u.e.
I	Integral	Ajusta a integral do controle. Se P= "oFF", este parâmetro não é disponível. Ao fim da auto-sintonia este valor é otimizado.	oFF: opera sem integral 1 a 9999 s.
d	Diferencial	Ajusta a diferencial do controle. Se P= "oFF", este parâmetro não é disponível. Ao fim da auto-sintonia este valor é otimizado.	oFF: opera sem diferencial 0,1 a 999,9 s.
C.t	Tempo de Ciclo	Ajusta o intervalo de tempo do controle, entre o início de um acionamento e outro. Se P= "oFF", este parâmetro não é disponível.	1 a 200 s.
HYS	Histereze de controle	Ajusta o intervalo entre o ponto que o controle liga e desliga. Se P≠ "oFF", este parâmetro não é disponível.	0 a 50% f.e. em u.e.
A.C	Ação do controle	Define se o controle é de ação reversa ou direta. Na ação reversa, o sinal de saída de controle diminui à medida que o sinal da variável de processo se aproxima do set-point SP.	rE: ação reversa (aquecimento) dir: Ação direta (refrigeração)
inty	Sinal de entrada	Seleciona o sinal de entrada	Veja Tabela nº 1 (guia rápido)
dP	Ponto Decimal	Inclui ou não o ponto decimal na Leitura	Veja Tabela nº 1 (guia rápido)
inL	Mínimo da escala	Define o valor mínimo da escala de leitura e controle para o sinal de entrada selecionado	Veja Tabela nº 1 (guia rápido)
inH	Máximo da escala	Define o valor máximo da escala de leitura e controle para o sinal de entrada selecionado	Veja Tabela nº 1 (guia rápido)
Filt	Filtro digital	É utilizado para reduzir a flutuação do sinal de entrada.	oFF: filtro desligado 1 a 200: segundos
AL.Fn	Alarme	Define o modo de trabalho do alarme	Veja tabela nº 3a (guia rápido)
AL.AC	Ação do alarme	Define a condição de repouso do contato do relé RL	no: normal aberto nC: normal fechado
AL.SP	Set-Point do alarme	Ajusta o ponto de atuação do alarme	de in.L a in.H definido no bloco de configuração
AL.HY	Histerese do alarme	Ajusta um intervalo entre o ponto em que o alarme liga e desliga	0 a 50% f.e. em u.e.
AL.rt	Retardo do alarme	Ajusta um intervalo de tempo entre a ocorrência do alarme e o acionamento do relé RL. Este ciclo se repete sempre que um novo alarme ocorrer. Dentro do intervalo, a sinalização AL pisca indicando a ocorrência do alarme.	oFF: sem retardo 1 a 9999 s.
AL.PL	Duração do alarme	Existindo o alarme, ajusta o tempo de permanência do relé RL acionado, após este tempo o relé desligaa mesmo persistindo o alarme. Este ciclo se repete sempre que um novo alarme ocorrer. Fora do acionamento do relé, a sinalização AL pisca indicando a ocorrência do alarme.	oFF: sem temporização 1 a 9999 s.
AL.bL	Bloqueio inicial do alarme	Define se ao ligar o controlador, o AL será ou não bloqueado até atingir a normalidade de operação.	YES: com bloqueio inicial no: sem bloqueio inicial
AL.oP	Acesso do operador ao alarme	Libera o set-point do alarme no bloco de operação.	YES: com bloqueio inicial no: sem bloqueio inicial
LoC	Trava dos parâmetros	Define quais parâmetros não poderão ser alterados, sendo possível a visualização de todos.	Veja Tabela nº 3 (guia rápido)

7. AUTO-SINTONIA (A.T)



A auto-sintonia tem como objetivo identificar o comportamento do processo e com isto ajustar automaticamente os melhores valores para o controle (PID).Durante a auto-sintonia, o controlador atua no modo ON/OFF em torno do set-point SP. Em processos onde oscilações de temperatura podem causar prejuízo, ajustar o SP10% abaixo do valor de trabalho para efetuar a auto-sintonia. A auto-sintonia executa duas oscilações para identificar os parâmetros PID, o que em alguns processos pode demorar.

Procedimento recomendado para execução da auto-sintonia:
1º) Verificar se o controlador está instalado corretamente.
2º) Verificar se o tipo de entrada e seus limites estão adequados à aplicação.
3º) Verificar se a saída de controle está configurada corretamente.
4º) Assegurar que o alarme não irá interferir na auto-sintonia.5º) Assegurar que o atuador responda ao controlador.
6º) Ajustar o ponto de controle SP.
7º) Selecionar no bloco de configuração o parâmetro A.t para YES.

Atenção
* Não alterar o SP durante o processo de auto-sintonia, o que abortaria o processo voltando os parâmetros ao estado anterior.De forma básica, se a auto-sintonia não resultar em um controle satisfatório, e/ou este necessite ajuste, proceda conforme tabela abaixo.

DISPLAY	PARÂMETRO	PROBLEMA VERIFICADO	SOLUÇÃO
P	Banda Proporcional	Resposta Lenta	Diminuir
		Oscilação	Aumentar
I	Taxa de Integração	Resposta Lenta	Diminuir
		Oscilação	Aumentar
d	Tempo Derivativo	Resposta Lenta ou instabilidade	Diminuir
		Oscilação	Aumentar

8. ALARME

Tabela 3a - funções dos alarmes (detalhes)

	Modo de Operação	Representação Gráfica	OBS.
d i F.L	Alarme Diferencial de baixa		Para AL.SP Positivo
			Para AL.SP Negativo
d i F.H	Alarme Diferencial de alta		Para AL.SP Positivo
			Para AL.SP Negativo
d i F	Alarme Diferencial de banda		Para AL.SP Positivo
			Para AL.SP Negativo
L	Alarme Baixa		Independe do Set-Point
H	Alarme Alta		Independe do Set-Point
o F F	Alarme Desligado		
Legenda	SP: Set-Point. PV: Leitura. AL.SP: Set-Point do Alarme.	AL.HY: Histerese do Alarme. OFF: Relé Desligado. ON: Relé Ligado.	

Obs: AL.rl= oFF e AL.PL= oFF.

DISPLAY	NOME	DESCRIÇÃO	VALORES VÁLIDOS
CAL	Bloco de calibração	Indica que o usuário está no bloco de calibração	
C.in.L	Ajustes de zero da leitura	Desloca a leitura para corrigir os valores próximos do início da escala in.L	0 a ± 1000
C.in.H	Tempo Derivativo	Desloca a leitura para corrigir os valores próximos do final da escala in.H	0 a ± 1000

9. CALIBRAÇÃO

A calibração permite ajustar a leitura do controlador de forma prática e sem perder as referências de fábrica.
Abaixo exemplificamos como realizar estes ajustes.

Leitura
Ex: Um controlador programado para uma escala de 0,0 a 800,0 (in.L=0,0 e in.H=800,0.).
Aplicando com um calibrador um sinal próximo a 1% da escala (8,0), obtemos uma leitura de 5,0 (desvio de -3,0).
Aplicando 99% da escala (792,0) obtemos 794,5 (desvio de +2,5).
Para ajustar a leitura, alterar C.in.L para +3,0 e C.in.H para -2,5.
Obs: Para retornar a calibração de fábrica, voltar os parâmetros de calibração à zero.

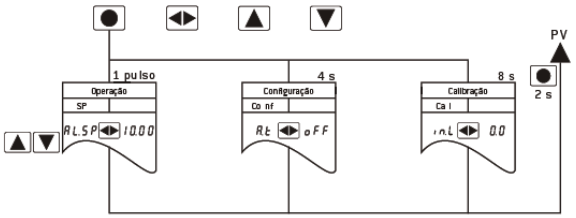
10. FALHAS

Erros de ligação e configuração representam a maioria dos problemas e chamados de assistência técnica; ocasionando: custos adicionais, perda de tempo e insatisfação. A revisão final das ligações elétricas e dos parâmetros do controlador podem evitar esses problemas.
O controlador apresenta algumas mensagens que tem como objetivo auxiliar o usuário na identificação de problemas:

Display	Defeito	Controle
U U U U	T.C. / PT100	Desligado / mínimo
o o o o		Desligado / mínimo
- - - -	Ligação Invertida	Desligado / mínimo

Obs: Fio interrompido / Curto-circuito entre fios

11. GUIA RÁPIDO



●	Seleciona os blocos de parâmetros e retorna à tela principal (PV)
◀▶	Entra e sai no parâmetro selecionado
▲	Incrementa ou troca variável e sobe na coluna de parâmetros, parando no 1° parâmetro da mesma
▼	Decrementa ou troca variável e desce na coluna de parâmetros, parando no último parâmetro da mesma
"1234"	Variável ajustável, pisca o display indicando que é ajustável time-out=60s (de qualquer tela retorna à tela principal)

TABELA 1	SINAIS DE ENTRADA		
in.tY	Entrada	Escala	d.P
P 100	PT100	-200 a 530ºC	0a1
P	K	-100 a 1300ºC	0 a 1
J	J	-50 a 800ºC	0 a 1

TABELA 2	FUNÇÕES DO 1° E 2° ALARME
"diF.L"	Acionaquando PV<SP-AL.SP
"diF.H"	Aciona quando PV>SP+AL.SP
	AL.SP define a banda de atuação; AL.SP(+) aciona quando PV fora da banda; AL.SP (-) aciona quando PV dentro da banda; a banda é simétrica e leva em consideração a histerese AL.HY.
"L"	Alarme de baixa (aciona se PV<AL.SP; desaciona se PV>AL.SP+AL.HY)
"H"	Alarme de alta (aciona se PV>AL.SP; desaciona se PV<AL.SP + AL.HY)
"oFF"	Inoperante

TABELA 3	BLOQUEIO DOS PARÂMETROS
0	Todos os parâmetros podem ser alterados
1	SP, operação e prog. podem ser alterados
2	SP e operação podem ser alterados

Set-Point ▲▼
SP — "XXXX"

Operação ● 1 Pulso
Set-Point ◀▶
SP ▲▼ "in.L~in.H"
Se liberado o alarme p/ o operador
Ajuste AL
AL.SP — "in.L~in.H"

Configuração ● 4 s
ConF
Auto-sintonia ▲▼
A.t ◀▶ "oFF,on"
Banda prop.
P ▲▼ "oFF;1~999,9"
Integral
I — "oFF;1~9999"
Diferencial
d — "oFF;1~999,9"
Tempo ciclo
C.t — "1~200"
Histerese
HYS — "0~50% FE"
Ação do controle
A.C — "rE;dir"

Continua na coluna ao lado

Sinal entrada
in.tY — "Tabela1"
Ponto decimal
d.P — "Tabela1"
min. leitura
in.L — "Tabela1"
máx. leitura
in.H — "Tabela1"
Deslocamento da leitura
oF.St — "0±100"
Função do Alarme
AL.Fn — "Tabela2"
Ação do relé
AL.AC — "no,nC"
Ponto de ajuste
AL.SP — "in.L~in.H"
Histerese
AL.HY — "0~50% FE"
Retardo do alarme
AL.rt — "oFF;1~9999"
Duração do alarme
AL.PL — "oFF;1~9999"
Bloqueio inicial
AL.bL — "YES,no"
Acesso do SP no bloco de Operação
AL.oP — "YES,no"
Trava dos parâmetros
LoC. — "Tabela3"

Calibração ● 8 s
CAL
Aj. zero leitura ▲▼
C.in.L ◀▶ "0±100"
Aj. span leitura
C.in.H ▲▼ "0±100"

ANEXO D

Contemp
Medição, Controle e Monitoramento de Processos Industriais

MANUAL DE INSTRUÇÕES

RELÉS DE ESTADO SÓLIDO
Modelos: **CR1 | CR3 | OAC | ODC | AFC**
Versão 01 / Revisão 07

CONTEMP IND. COM. E SERVIÇOS LTDA.
Al. Araguaia, 204 - CEP 09560-580
S. Caetano do Sul - SP - Brasil
Fone: 11 4223-5100 - Fax: 11 4223-5103
vendas@contemp.com.br
www.contemp.com.br

SUPORTE TÉCNICO:
11 4223-5125
asstec@contemp.com.br

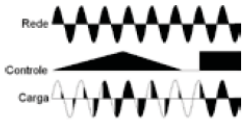
ISO 9001
Sistema de Gestão da Qualidade Certificado

INTRODUÇÃO

A família de relés de estado sólido Contemp é composta pelos seguintes modelos:
CR1 e CR3 - Relés de estado sólido monofásicos e trifásicos com acionamento on/off ou linear (PWM) para aplicações em cargas resistivas na faixa de 15 a 100A.
OAC e ODC - Relés de estado sólido monofásicos de baixa corrente (até 4A).
AFC e CR1-PT - Relés de estado sólido monofásicos com controle de ângulo-de-fase.

ACIONAMENTO

Ângulo-de-fase
AFC01 / CR1-PT



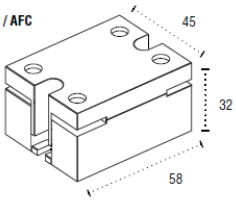
Zero-crossing
CR1 / CR3 / OAC / ODC

Especificações:

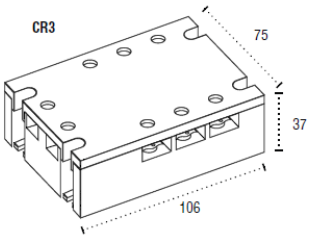
	ODC	OAC	AFC-1XX402Y	CR-122040PT	CR-1480XXXDC	CR-148040AC	CR-348XXXAC / DC	CR-348XXXLN
Acionamento	DC On/off	Monofásico Zero-crossing	Monofásico Ângulo-de-fase	Monofásico Ângulo-de-fase	Monofásico Zero-crossing	Monofásico Zero-crossing	Trifásico Zero-crossing	Trifásico Zero-crossing
Carga	Resistiva	Resistiva	Resistiva	Resistiva	Resistiva	Resistiva	Resistiva	Resistiva
Corrente de carga	3A @ 45°C 2A @ 65°C	4A @ 35°C 3A @ 65°C	40A	40A	XX 015 – 15A 025 – 25A 040 – 40A 060 – 60A 100 – 100A	40A	040 – 40A 100 – 100A	040 – 40A 100 – 100A
Tensão de carga	5 a 60 Vcc	24 a 280Vca	XX 24 – 100 a 240Vca 48 – 300 a 480Vca	250 Vca	24 a 480 Vca	24 a 480 Vca	24 a 480 Vca	24 a 480 Vca
Freqüência de rede	DC	50 / 60 Hz	Y 5 – 50Hz 6 – 60Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz	50 / 60 Hz
Sinal de controle	4 a 32 Vcc on/off 20mA	4 a 32 Vcc on/off 7mA	4 a 20 mA linear 6Vcc Inpedância de entrada: 250ohms	potenciômetro 470 Kohms	3 a 32 Vcc on/off 20mA	70 a 285 Vca on/off 12mA	3 a 32 Vcc on/off 20mA 70 a 285 Vca on/off 12mA	4 a 20mA@24Vcc ou 0 a 10Vcc (necess. alim. auxiliar 24Vcc p/ controle 0 a 10Vcc)
Sinalizações (led)	Acionamento	Acionamento	Acionamento Alimentação Excesso de temperatura	não	Acionamento	Acionamento	Acionamento	Acionamento alimentação excesso de temperatura
Proteção térmica	não	não	sim	não	não	não	não	sim
Proteção dv/dt	-	Snubber interno	não	Snubber interno	Snubber interno	Snubber interno	Snubber interno	Snubber interno
Temperatura de trabalho (base de dissipação)	-30 a 70°C	-30 a 65°C	-30 a 75°C	-30 a	-30 a 75°C	-30 a 75°C	-30 a 75°C	-30 a 75°C
Tempo de resposta	on - 50µs off - 200µs	½ ciclo de rede	½ ciclo de rede	½ ciclo de rede	½ ciclo de rede	½ ciclo de rede	½ ciclo de rede	½ ciclo de rede
Rigidez dielétrica	4000V	4000V	1500V – entrada/saída 2500V – contatos/base	2500V	2500V	2500V	2500V	2500V
Resistência de isolação			400Mohms 500V	1000Mohms 500V	1000Mohms 500V	1000Mohms 500V	1000Mohms 500V	1000Mohms 500V
VSSR – Queda de tensão no SSR	1,2V	1,2V	1,2V	1,2V	1,2V	1,2V	1,2V	1,2V
Peso	60g	60g	100g	90g (até 25A) 135g	90g (até 25A) 135g	90g (até 25A) 135g	450g	480g

DIMENSÕES

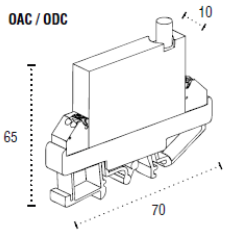
CR1 / AFC



CR3

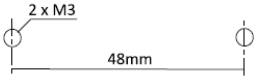


OAC / ODC

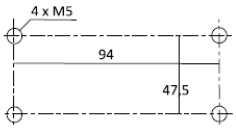


FIXAÇÃO

AFC / CR1



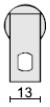
CR3



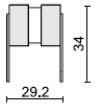
FUSÍVEIS ULTA-RÁPIDOS

F-1	16A / 240V / GSX	a
F-2	25A / 240V / GSX	
F-3	40A / 240V / GSX	
F-4	60A / 240V / GSX	b
F-5	80A / 240V / GSX	

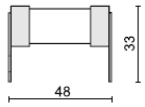
F-6	16A / 480V / GSGB	c
F-7	25A / 480V / GSGB	
F-8	40A / 480V / GSGB	
F-9	60A / 480V / GSGB	d
F- A	80A / 480V / GSGB	



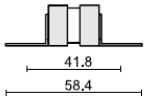
a



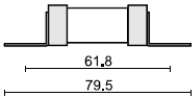
c



b



d



DISSIPAÇÃO TÉRMICA

Todo rele de estado sólido "SSR" gera calor proporcional a corrente elétrica a que é submetido. Para evitar sua queima é necessário o uso de dissipador de calor.

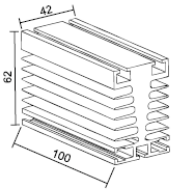
Cuidados a serem observados:

- Até 10A pode-se fixar o SSR diretamente na placa metálica do painel elétrico, respeitando um espaçamento mínimo de 100 mm entre SSR
- Acima de 10A utilizar dissipador de calor compatível com a corrente máxima da carga (IL)

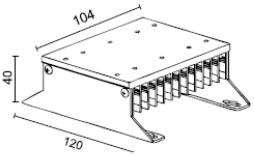
Resistência térmica indicada para o dissipador/ar: $R_{thha} = \dfrac{75\ ºC - T_{amb}\ ºC}{1{,}2\ V \times IL}$

- Para relés trifásicos considerar o cálculo IL x 3
- Na montagem do SSR aplicar pasta térmica em sua base para melhorar a eficiência da dissipação
- A base metálica de dissipação do SSR deve ficar bem pressionada em completo contato com o dissipador
- A temperatura na base metálica do SSR não pode ultrapassar 75°C

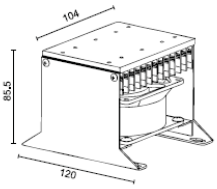
DS1 (fixação em trilho DIN)



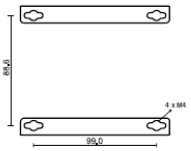
DS2



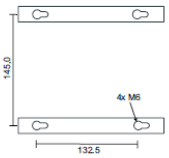
DS3



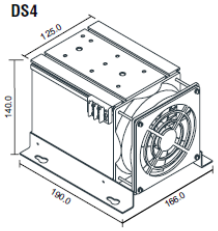
FIXAÇÃO DS2 E DS3



FIXAÇÃO DS4



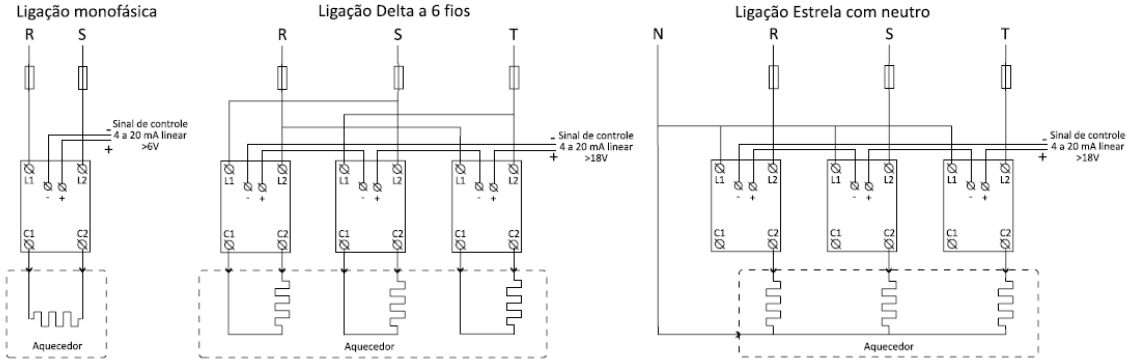
DS4



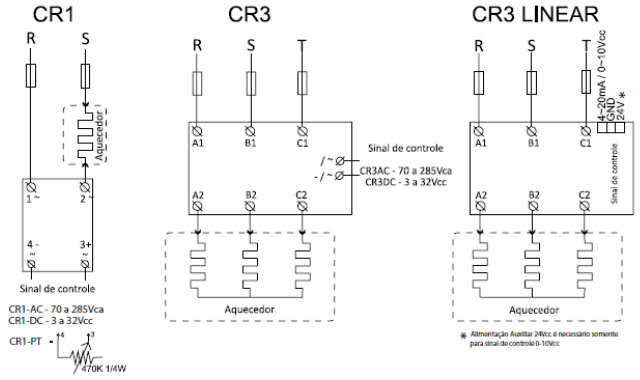
MÁXIMA CORRENTE DE UTILIZAÇÃO (máxima temperatura ambiente 40ºC)					
Dissipador	**Ventilação**	**1 X CR1 / AFC**	**2 X CR1 / AFC**	**3 X CR1 / AFC**	**1 X CR3**
DS1	natural	15A	-	-	-
DS2	natural	30A	15A	-	10A
DS3	forçada	100A	60A	-	40A
DS4	forçada	100A	100A	100A	100A
* Para outros valores de corrente consulte nosso departamento comercial					

CONEXÕES ELÉTRICAS:
- Utilizar fusíveis ultra-rápidos para a proteção elétrica, limitado a máxima corrente do SSR.
- Utilizar cabos e terminais compatíveis com a corrente e contatos elétricos do SSR.
- O aperto dos contatos deve ser firme, sem ser excessivo, garantindo uma boa conexão elétrica

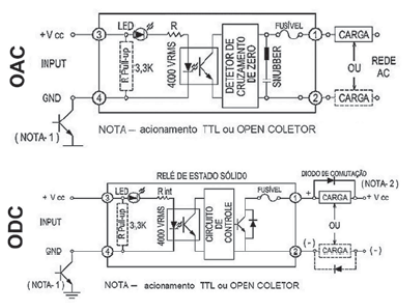
AFC



CR1 / CR3 / CR3 Linear



OAC / ODC



TERMO DE GARANTIA

A Contemp Ind. Com. e Serviços Ltda garante que o relé de estado sólido, relacionado na Nota Fiscal de venda, está isento de defeitos e coberto por garantia de 3 meses a contar da data de emissão da referida Nota Fiscal.
Ocorrendo defeito dentro do prazo da garantia, o produto deverá ser enviado à Contemp, onde será reparado ou substituído sem ônus, desde que comprovado o uso dentro das especificações técnicas do produto.

O QUE A GARANTIA NÃO COBRE: Despesas indiretas como: fretes, viagens e estadias.
PERDERÁ A GARANTIA QUANDO: A instalação elétrica for inadequada, usado em ambiente corrosivo, ter sido modificado sem autorização, ter sofrido violação ou usado fora dos limites das especificações técnicas
OBSERVAÇÃO: Todos os relés são 100% testados na fabricação.
Não nos responsabilizamos por danos causados por erro de ligação e instalação incorreta.
A garantia cobre apenas relés que apresentarem características de defeito intermitente.

ANEXO E

Multimedidor Trifásico e Supervisor de Grandezas Elétricas Mult-K C

Manual do Usuário

Revisão I
Novembro 2009

KRON INSTRUMENTOS ELÉTRICOS LTDA.
Rua: Alexandre de Gusmão, 278, São Paulo
11 5525-2000
www.kron.com.br
suporte@kron.com.br

Índice

Capítulo	Página
Introdução	3
Termo de Garantia, avisos e advertências	4
Parâmetros de Medição	5
Características técnicas	6
Normalização	8
Instalação do Produto	9
IHM e Operação	12
Modo Principal - Navegação	13
Fluxograma de telas e funções	14
Modo Energia	15
Modo Demanda	15
Modo Mínimos e Máximos	15
Modo Supervisão	16
Modo Configuração	17
Modo Sistema	17
Código de Erro	18
Configuração	19
Fluxograma do Modo Configuração	20
Configuração passo a passo	21
Esquemas de ligação	22
Configuração – Supervisor de Grandezas	34
Interface RS-485	39
Softwares	41
Passo a passo - Instalação	41
Passo a passo - Utilização	43
Programação do sistema de supervisão – Via REDEMB	47
Solução de Problemas	50
Solução de Problemas – Interface RS-485	51
Apêndice A – Fórmulas Utilizadas	53
Apêndice B – Glossário	54
Apêndice C – Medição de THD	55

O Mult-K C foi desenvolvido e fabricado pela KRON Instrumentos Elétricos, uma empresa fundada em 1954, com experiência na fabricação de instrumentos para medição e controle de processos, cuja política principal é o constante aperfeiçoamento e desenvolvimento tecnológico, industrial e humano, no sentido de aumentar o grau de confiabilidade de seus produtos para suprir as expectativas de seus usuários.
*As informações contidas neste manual têm por objetivo auxiliá-lo na utilização e especificação correta do **Mult-K C**.*
Devido ao constante aperfeiçoamento, as informações aqui contidas estão sujeitas a modificações sem aviso prévio.

Introdução

O Multimedidor e Supervisor de Grandezas **Mult-K C** é um instrumento digital microprocessado, para instalação em porta de painel, que permite a medição de até **101 parâmetros elétricos** em indicar alarmes de grandezas em sistema de corrente alternada (CA). As leituras dos parâmetros podem ser efetuadas de forma local ou remota.

Opcionalmente o **Mult-K C** pode ser equipado com uma **memória de massa**, que permite o armazenamento do histórico de até dez grandezas elétricas com intervalo mínimo de 1 minuto e máximo 540 minutos.

Complementando a bem sucedida linha Mult-K, o **Mult-K C** incorpora novos benefícios, como o display de LCD programável, registro de mínimos e máximos no próprio instrumento e novos parâmetros de medição e a principal vantagem que é supervisão de grandezas.

É imprescindível a leitura do *Manual do Usuário* antes da instalação e utilização do **Mult-K C**, sendo possível esclarecer eventuais dúvidas através de nosso suporte técnico: telefone: (11) 5525-2000 ou pelo e-mail: suporte@kron.com.br

Aplicações

O multimedidor e supervisor de grandezas **Mult-K C** pode ser aplicado tanto em sistemas de baixa tensão quanto de média ou alta, uma vez que é possível programar a relação do TP (transformador de potencial) ou TC (transformador de corrente) envolvidos na medição.

- Automação de subestações;
- Automação industrial e predial;
- Análise de circuitos e equipamentos elétricos;
- Monitoramento de GMG (grupo motogerador);
- Rateio de custos;
- Substituição de instrumentos analógicos;
- Qualquer aplicação envolvendo medição e supervisão de grandezas elétricas.

Termo de Garantia

A ***Kron Instrumentos Elétricos Ltda.*** garante que seus produtos são rigorosamente calibrados e testados, comprometendo-se a repará-los caso venham apresentar eventuais defeitos de fabricação.

Garantia de 1 (um) ano:
A partir da data de aquisição do produto conforme comprovação da nota fiscal de compra.

A garantia não cobre:

- Aparelhos que tenham sido adulterados.
- Desmontados ou abertos por pessoal não autorizado.
- Danificados por sobrecarga ou erro de instalação.
- Usados de forma negligente ou indevida.
- Danificados por qualquer espécie de acidente.

Manutenção:

A manutenção preventiva dos aparelhos é desnecessária. A manutenção corretiva, se necessária, deve ser feita por pessoal especializado da Kron Instrumentos Elétricos, mediante envio da peça defeituosa para nossa fábrica. A limpeza do instrumento, quando necessária, deve ser feita apenas nas áreas externas, utilizando material neutro e com todas as conexões elétricas desfeitas.

Parâmetros de Medição

Com o Mult-K C é possível fazer a medição de até **101** parâmetros elétricos em sistemas monofásicos, bifásicos, trifásicos (estrela ou delta). Todas as medições são TRUE RMS (valor eficaz verdadeiro). A gama de parâmetros medidos inclui:

	Grandeza	Unidade	Tipo de Medição	Display	RS-485	Min/Máx	Supervisão
Instantâneas	Tensão	Vc.a.	Tensão fase-fase, fase-neutro e trifásica	X	X	X	X
	Corrente	Ac.a.	Por fase, trifásica e neutro.	X	X	X	X
	Potência Ativa	W	Por fase e trifásica	X	X	X	X
	Potência Reativa	VAr	Por fase e trifásica	X	X	X	X
	Potência Aparente	VA	Por fase e trifásica	X	X	X	X
	Fator de Potência	-	Por fase e trifásico (Ind ou Cap)	X	X	X	X
	Freqüência	Hz	Fase R	X	X	X	X
	THD - Distorção Harmônica Total	%	Por fase de tensão e corrente	X	X	X	X
Acumulativas	Energia Ativa Positiva	KWh	Trifásica, bifásica ou monofásica, dependendo do circuito que está sendo medido.	X	X		
	Energia Ativa Negativa	KWh		X	X		
	Energia Reativa Positiva	KVArh		X	X		
	Energia Reativa Negativa	KVArh		X	X		
	Demanda Atual Ativa	KW		X	X		X
	Demanda Atual Aparente	KVA		X	X		X
	Demanda Máxima Ativa	KW		X	X		
	Demanda Máxima Aparente	KVA		X	X		

O **Mult-K C** utiliza o algoritmo de bloco de demanda (ou janela deslizante) para a medição de demanda, com intervalo de tempo programável de 1 à 60 minutos (o padrão atual, para as concessionárias brasileiras é de 15 minutos). Existem duas medições de demanda:

Demanda Média: é a última demanda obtida, atualizada a cada intervalo pré-configurado (este intervalo é definido pela constante ***TI***)
Demanda Máxima: é a maior *demanda média* obtida pelo instrumento.

Memória Não-Volátil

O **Mult-K C** é equipado com tecnologia que garante que os dados de energias, máximas demandas, mínimos e máximos não serão perdidos (por um período de até 10 anos) em caso do equipamento ser desligado ou ocorrer falta de energia elétrica.

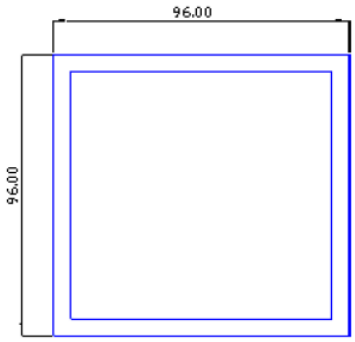
Características Técnicas

Alimentação Auxiliar	Características Mecânicas
• Nominal: 12*, 24 ou 48Vc.c. Padrão: 120-220Vc.a. Fonte TOP**: 85-265Vc.a. e 100-375Vc.c. • Faixa de utilização: 80 a 120% do valor nominal • Consumo interno: <10 VA *Faixa de trabalho de 90 a 120% do valor nominal. ** Para fonte Top esta já é a faixa de trabalho.	DISPLAY • Tipo: LCD azul, com backlight • Tamanho: 128 x 64 pixels INVÓLUCRO • Material: termoplástico (ABS V0) • Grau de proteção: IP-40 para painel frontal (IP-54 opcional) e IP-20 para invólucro (IP-40 opcional). MONTAGEM • Tipo: porta de painel (sobrepor) • Posição de montagem: qualquer • Fixação: travas laterais CONEXÕES ELÉTRICAS • Tipo: borne de encaixe rápido • Grau de proteção: IP-00 • Cabo máximo a ser utilizado: 2,5mm²
Entrada de Tensão (Medição)	**Condições ambientais relevantes**
• Faixa de trabalho: 20 a 500Vc.a. (F-F) • Sobrecarga: 1,5 x Vmáx (1s) • Freqüência: 44 a 72 Hz • Consumo interno: < 0,5 VA	• Temperatura de operação: 0 a 50ºC • Temperatura de armazenamento e transporte: -25 a 50º C • Umidade relativa do ar: máximo de 90% (sem condensação) • Coeficiente de temperatura: 50ppm / ºC
Entrada de Corrente (Medição)	**Interface Serial**
• Nominal: 1Ac.a. ou 5Ac.a. • Indicação mínima: 20mA • Sobrecarga: 1,5 x In (contínua), 20 x In (1s) • Consumo interno: < 0,5 VA	• Tipo: RS-485 a dois fios, protocolo MODBUS-RTU • Velocidade: 9600, 19200, 38400 ou 57600bps (configurável) • Formato de dados: 8N1, 8N2, 8E1, 8O1 (configurável) • Endereço: 1 a 247 (configurável) • Mapeamento *FLEXDATA*, com ponto flutuante configurável IEEE 754 (32 bits), formatos de leitura em 16 bits (inteiro sinalizado e não sinalizado) e ponto flutuante 24 bits para memória de massa. • Cabo: Para a RS-485 deve sempre ser utilizado cabo blindado, com no mínimo duas vias, secção mínima de 0,25mm² e impedância característica de 120ohms.

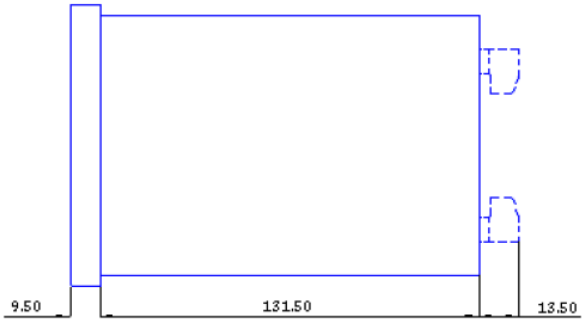
Precisão	Saída a rele
• Tensão, corrente, potências: 0,2%* • Freqüência: 0,1Hz • Fator de potência: 0,5%* • Energia: 0,5% • THD: <3% vide o apêndice E *** A precisão se refere ao fundo de escala.** (a 25º C, respeitadas as faixas recomendadas para tensão e corrente)	• Quantidade: 2 • Tipo: Relé configurável tipo NA ou NF • Programação de alarmes: 12 por relé • Nível de tensão: até 250 Vc.a. ou 250 Vc.c. • Corrente máxima: 3 Ac.a. ou 3 Ac.c.

Dimensional

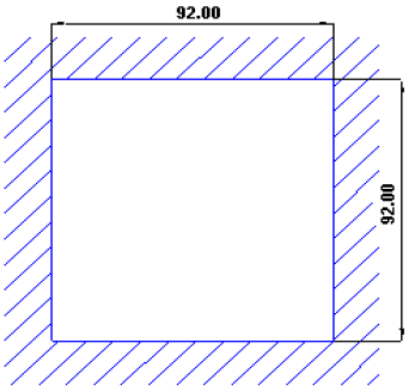
Vista Frontal



Vista Lateral



Recorte do Painel



Normalização

O **Mult-K C** está em conformidade com as seguintes normas:

- **IEC 61326-1:1997/AMD 2:2000** (Electrical equipment for measurement, control and laboratory – EMC requirements)
- **IEC 61000-4-2** (Electrostatic discharge immunity test)
- **IEC 61000-4-3** (Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test)
- **IEC 61000-4-4** (Electrical fast transient/burst immunity test)
- **IEC 61000-4-6** (Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields)
- **IEC 61000-4-5** (Surge Immunity test)
- **IEC 61000-4-8** (Power frequency magnetic field immunity test)
- **EN 61000-4-11** (Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity test)
- **CISPR 11** (Limits and methods of measurement of electromagnetic disturbance characteristics of industrial, scientific and medical radio-frequency equipment)

Instalação do Produto

Antes de iniciar a instalação do multimedidor e supervisor de grandezas **Mult-K C**, é necessário verificar se o mesmo está completo. Acompanha o **Mult-K**:

- Duas travas plásticas para fixação em porta de painel;
- Conector fêmea de 3 (três) posições para alimentação externa;
- Conector fêmea de 4 (quatro) posições para entrada de tensão;
- Conector fêmea de 6 (seis) posições para entrada de corrente;
- Conector fêmea de 4 (quatro) posições para saída relé;
- Conector fêmea de 3 (três) posições para interface RS-485

NOTA: caso o equipamento adquirido seja com terminação olhal, não serão disponibilizados os conectores do tipo "fêmea".

O processo de instalação é baseado em cinco etapas, conforme abaixo. Devem ser utilizados cabos com secção mínima de 1,5mm^2 para as conexões de alimentação externa, sinal de tensão e sinal de corrente. Recomenda-se o uso de terminais tipo pino na ponta dos cabos, para uma melhor conexão.

ATENÇÃO

A instalação, parametrização e operação do produto devem ser executada apenas por pessoal especializado, com ciência e plena compreensão do conteúdo do Manual do Usuário.
Todas as conexões devem ser feitas com o sistema desenergizado.
Em caso de dúvidas, consulte nosso Suporte Técnico por telefone (+55 11 5525-2000) ou pelo email suporte@kron.com.br.

1. Fixação

O **Mult-K C** foi concebido para instalação em porta de painel, com dimensional compacto 96x96mm. O primeiro passo é providenciar que o rasgo do painel esteja próximo das dimensões apresentadas no capítulo *Características Técnicas*.

Posteriormente, deve se realizar a fixação do mesmo com auxílio das *travas de fixação*, que acompanham o produto. O painel frontal do instrumento sai de fábrica com uma película protetora, de forma a evitar riscos ou que o mesmo se danifique na fase de instalação do painel.

2. Alimentação Externa

Conforme o pedido do cliente, o **Mult-K C** é produzido para uma determinada tensão de alimentação externa, **identificada em seu painel traseiro ou pela etiqueta afixada no mesmo.**

Alimentação em 120/220 Vc.a.	Alimentação fonte CC (12, 24 e 48 Vc.c.)	Alimentação fonte TOP (85 a 265Vc.a. / 100 a 375 Vc.c.)
220 Vc.a. 11 12 13 120 Vc.a.	11 13 + - 12 / 24 / 48 Vc.c. Respeitar as polaridades	11 13 85 a 265 Vc.a. 100 a 375 Vc.c. Não há polaridade para sinal em corrente contínua.

3. Entrada de medição – TENSÃO

Verifique o esquema de ligação adequado, como deve ser feita a ligação das tensões de acordo com o capítulo "**Esquemas de ligação**". É recomendável a utilização de disjuntores ou fusíveis de proteção entre o sistema e o **Mult-K C**, de forma a proteger o instrumento e facilitar uma posterior manutenção ou substituição. É imprescindível que o sinal de tensão esteja seqüenciado em sentido horário (R-S-T).

A conexão de transformadores de potencial somente é necessária em casos onde se deseja isolar o circuito de medição da instalação elétrica ou quando a tensão entre fases do sistema ultrapassar 500Vc.a. (F-F) ou 288,67Vc.a. (F-N, no caso de utilização do esquema *TL-02: Monofásico*).

Bornes para conexão física ao instrumento:

Borne e nomenclatura	Descrição
1 – VC	Entrada de tensão da fase C ou T
2 – VB	Entrada de tensão da fase B ou S
3 – VA	Entrada de tensão da fase A ou R
4 – N	Conexão do neutro (N)

Observações:

- Podem ser programados valores de TP (constante multiplicadora de tensão) de 0,01 até 9999,99
- Os limites indicados para entradas de tensão no instrumento se referem a valores efetivos do sinal de corrente, sem considerar a relação do transformador de potencial (TP) programada

Exemplos de cabo e proteção:

- Cabo: bitola superior a 1mm²
- Fusível de 1 A nas fases

4. Entrada de medição – CORRENTE

Verifique o esquema de ligação adequado, como deve ser feita a ligação de corrente de acordo com o capítulo "**Esquemas de ligação**". A conexão de transformadores de corrente é necessária em casos onde a corrente de linha supera a nominal do instrumento. Com os transformadores de corrente, devemos estar atento às polaridades do transformador (P1/P2, S1/S2) e também ao "FASEAMENTO" entre corrente e tensão.

Bornes para conexão física ao instrumento:

Borne e nomenclatura	Descrição
5 / Ic	Retorno de corrente fase C ou T
6 / *Ic	Entrada de corrente fase C ou T
7 / Ib	Retorno de corrente fase B ou S
8 / *Ib	Entrada de corrente fase B ou S
9 / Ia	Retorno de corrente fase A ou R
10 / *Ia	Entrada de corrente fase A ou R

Observações:

- Podem ser programados valores de TC (constante multiplicadora de corrente) de 0,01 até 9999,99
- Os limites de indicação se referem à corrente de entrada no borne do instrumento, sem levar em conta eventuais relações de TC existentes
- Os limites indicados para entradas de corrente no instrumento se referem à valores efetivos do sinal de corrente, sem considerar a relação do transformador de corrente (TC) programada

Exemplos de cabo e proteção

- Cabo: 2,5mm²
- Nunca utilizar fusível ou disjuntor junto ao circuito de medição.
- É recomendável a utilização de bloco de aferição.

É recomendável a utilização de *blocos de aferição* ou outro dispositivo com a mesma função de curto-circuitar os transformadores de corrente para posterior manutenção ou troca do equipamento, permitindo isolá-lo do circuito principal sem ter de desenergizar o circuito que está sendo medido.

ATENÇÃO: NUNCA DEIXE O SECUNDÁRIO DE TRANSFORMADORES DE CORRENTE EM ABERTO, POIS ISSO PROVOCARÁ ELEVADAS TENSÕES NO SECUNDÁRIO DO TRANSFORMADOR, PODENDO OCASIONAR DANOS AO MESMO E RISCOS DE SEGURANÇA.

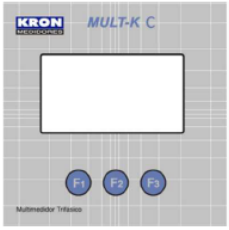
5. Parametrização

A parametrização ou configuração pode ser efetuada pela própria *Interface Homem-Máquina (IHM)* ou via serial RS-485, sendo é necessário informar ao medidor:

- Relação TP – Transformador de Potencial (se houver);
- Relação TC – Transformador de Corrente (se houver);
- Constante TL – Tipo de Ligação utilizado;
- Constante TI – Intervalo de integração, utilizado para o cálculo de demanda;
- Dados relativos à interface RS-485, caso se deseje utilizar a saída serial do multimedidor;
- Dados relativos à programação do sistema de supervisão de grandezas;

Para maiores informações consulte o capítulo Configuração.

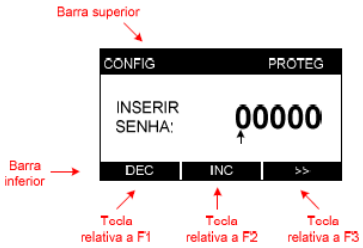
IHM e Operação



A IHM (interface homem-máquina) do **Mult-K C** é composta por um display de LCD gráfico e três teclas de navegação, denominadas **F1**, **F2** e **F3**.

As teclas de navegação podem assumir funções diversas, sempre identificadas pela barra de navegação inferior. A barra de navegação inferior é automaticamente ocultada após, no máximo, dez segundos de inatividade.

Em certas situações, será feita referência à descrição da tela do instrumento e não a tecla de navegação propriamente dita. Quando se utilizar o termo clicar, entende-se que o usuário deve pressionar e soltar a referida tecla. O gráfico abaixo mostra um exemplo de como é feita a correspondência entre a tecla de navegação e a IHM:



Para selecionar **DEC**, que significa decrementar o dígito, deve-se pressionar a tecla **F1**

Para selecionar **INC**, que significa incrementar o dígito, deve-se pressionar a tecla **F2**

Para selecionar **>>**, que significa próximo, deve-se pressionar a tecla **F3**

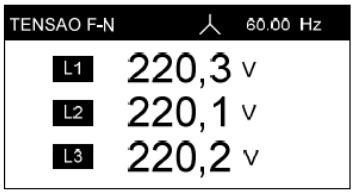
A IHM do instrumento é dividida nos seguintes modos:

Modo	Como é mostrado na IHM	Descrição
Principal Instantâneo		Exibe as medições instantâneas e permite o acesso aos demais modos do instrumento
Energia	ENERGIA	Exibe as medições acumulativas de energia
Demanda	DEMAND	Exibe as últimas integrações de demanda e o máximo valor registrado
Mínimos e Máximos	MIN/MAX	Exibe os valores máximos e mínimos armazenados para cada grandeza medida.
Supervisão	SPV	Exibe os parâmetros de configuração do sistema de supervisão de grandezas.
Configuração	CONFIG	Permite **configurar** os parâmetros do instrumento, como relações de transformação, tipo de ligação, etc.
Sistema	SISTEMA	Exibe o código de erro atual do instrumento, a seqüência trifásica, número de série dentre outras informações úteis sobre o multimedidor.

Após inatividade superior a 120 segundos em qualquer um dos modos, o instrumento retorna automaticamente ao modo principal.

Modo Principal: navegação

O aspecto geral das telas do modo principal é este:



Na barra superior pode ser verificado a indicação do TL como (estrela ⅄) ou (delta △)

Para se iniciar a navegação entre os parâmetros medidos, deve-se clicar em qualquer uma das três teclas para habilitar a barra inferior de navegação. A barra será então mostrada na parte inferior da tela, conforme abaixo:

Para navegar entre os parâmetros de medição do modo principal, devem ser utilizados os comandos << e >>. As telas são circulares, isto é, ao se pressionar << na primeira tela, o usuário é direcionado a última tela e ao estar na última tela e pressionar >> o usuário é direcionado a primeira tela novamente.

São disponibilizadas as seguintes telas neste modo:

Tela customizada 1	**Tela customizada 2**	**Tela customizada 3**	**Tensão fase-fase**
Tensão fase-neutro	**Resumo trifásico 1**	**Resumo trifásico 2**	**Corrente**
Potência ativa	**Potência reativa**	**Potência aparente**	**Fator de potência**
Freqüência	**THD tensão**	**THD corrente**	

- O usuário pode definir até três telas customizadas. Mais detalhes sobre os modelos de tela disponíveis estão no capítulo referente à configuração do Mult-K C.
- Na tela de freqüência, é exibida a tensão trifásica na barra superior.
- Na tela de corrente, é exibida na barra superior a corrente de neutro calculada.
- Nas demais telas do modo instantâneo, a freqüência é exibida na barra superior.

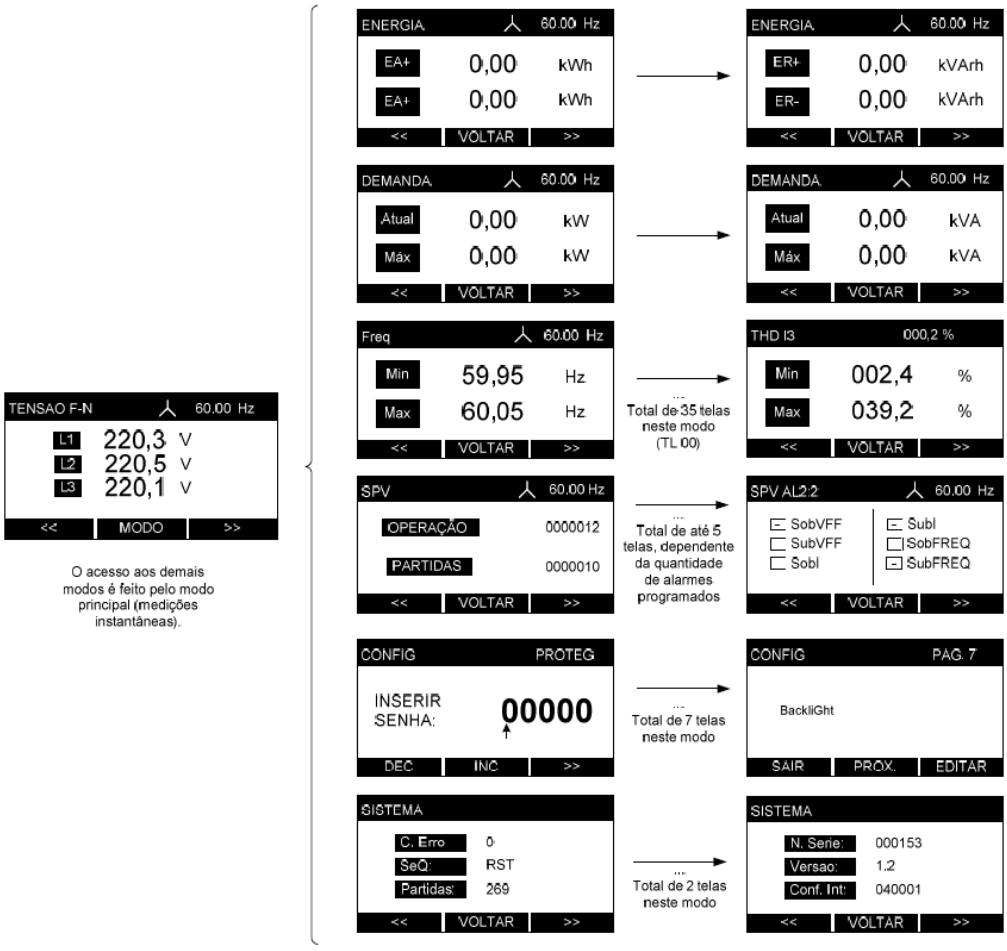
O Mult-K C possui um display adaptativo, por exemplo, quando for selecionado o esquema de ligação monofásico (1 elemento 2 fios), os valores trifásicos e os das fases L2 e L3 não serão mostrados pelo instrumento.

Modo Principal: acesso aos outros modos

O acesso aos outros modos é feito através do modo principal. Clicando-se em qualquer uma das três teclas será possível exibir a barra inferior e clicando-se na tecla **MODO**, serão exibidos os outros modos disponíveis. Para acesso aos modos, basta pressionar a tecla correspondente ao mesmo. Por exemplo: clicando-se em **MODO** uma vez, será mostrado o acesso ao modo energia. Clicando-se em **ENERGIA** teremos acesso a este modo.
Se a tecla **MODO** for clicada acidentalmente, a tecla **VOLTAR** deve ser clicada e fará com que o instrumento retorne a barra de seleção de parâmetros do modo principal.

Fluxograma de telas e funções

O diagrama abaixo mostra os modos existentes e suas principais telas:

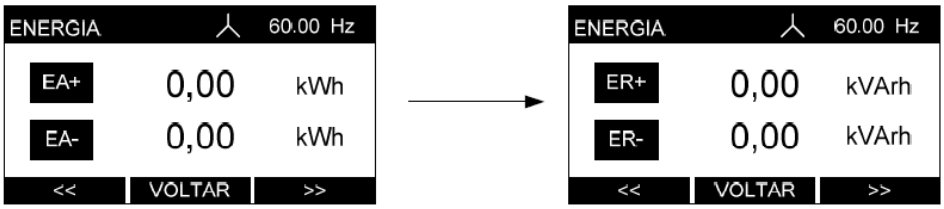


Em todos os módulos de visualização (principal, energia, demanda, máximos e mínimos e sistema) a navegação entre as telas é feita por meio das teclas **<<** e **>>**. Para retornar ao modo principal, basta clicar em **VOLTAR**.

- No modo **configuração** a navegação entre as telas é feita por meio da tecla **PROX**. Após realizar todas as configurações e ajustes necessários, utiliza-se a tecla **SAIR** para se retornar ao modo principal.

Modo Energia

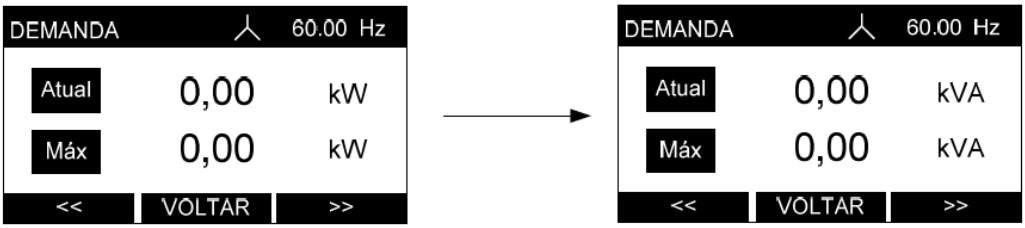
Através do modo **ENERGIA** é possível visualizar as medições acumulativas de **energia ativa** (positiva e negativa) e **energia reativa** (positiva e negativa). Os valores são mostrados com até sete dígitos (cinco inteiros e dois decimais). Além disso, a freqüência sempre será mostrada na barra superior.



Clicando-se em **<<** e **>>** pode-se alternar entre a exibição da energia ativa (EA+ e EA-) e a energia reativa (ER+ e ER-). Clicando-se em **VOLTAR** é possível retornar ao modo principal.

Modo Demanda

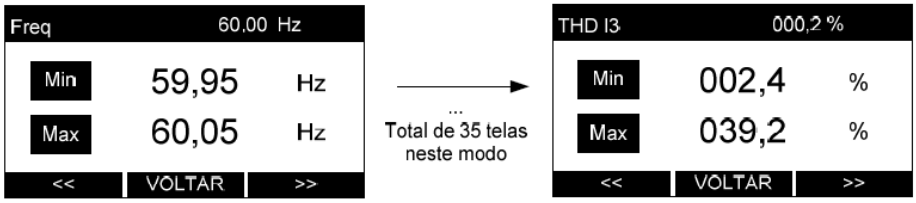
Através do modo **DEMANDA** é possível visualizar as últimas integrações da medição de demanda e o máximo valor registrado. O instrumento permite medir a demanda ativa, referente à potência ativa trifásica e a demanda aparente, referente à potência aparente. Para maiores informações sobre a medição de demanda, consulte este item no capítulo *Parâmetros medido e fórmulas utilizadas*.



Clicando-se em **<<** e **>>** pode-se alternar entre a exibição da demanda ativa (dada em Watts) e a da demanda aparente (dada em Volt-Ampér). Clicando-se em **VOLTAR** é possível retornar ao modo principal.

Modo Mínimos e Máximos

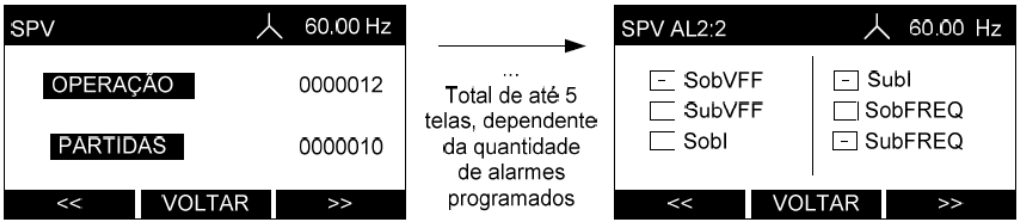
Através do modo **MÍNIMOS E MÁXIMOS** é possível visualizar os maiores e menores valores registrados para cada parâmetro medido. Note que os parâmetros acumulativos (como energia e demanda) não são mostrados neste modo por não haver sentido em representá-los.
Clicando-se em **<<** e **>>** pode-se navegar entre todos os valores registrados: freqüência, tensão V1/V2/V3/V12/V23/V31, corrente I1/I2/I3, potência ativa P1/P2/P3, potência aparente S1/S2/S3, potência reativa Q1/Q2/Q3, fator de potência FP1/FP2/FP3, bem como as medições trifásicas V0/P0/Q0/S0/I0/FP0, corrente de neutro IN e medições de THD U1/U2/U3/I1/I2/I3.
Todas indicações dependem do tipo de ligação escolhido, ex. caso o Mult-K C esteja configurado como monofásico, o modo **MÍNIMOS E MÁXIMOS** irá indicar somente os parâmetros monofásicos.



Para zerar os acumuladores de mínimos e máximos basta se pressionar **<<** e **>>** simultaneamente por aproximadamente dois segundos. A mensagem **RESET** será exibida na barra superior.
Clicando-se em **VOLTAR** é possível retornar ao modo principal.

Modo SPV (Supervisão)

Neste modo é possível visualizar o valor dos contadores e status atual dos alarmes programados pelo usuário. A quantidade de telas é dependente dos alarmes programados, caso nenhum alarme esteja programado, será apresentado a tela inicial do modo SPV.



As mensagens de alarme

Nesta tela de supervisão no modo instantâneo, é possível visualizar as ocorrências de sobre e sub dos alarmes 1 e 2, de acordo com o modo programado, que pode ser com: "**sem houve falha**" e com "**houve falha**". Para limpar as indicações de alarme será necessário entrar no modo **Config** e selecionar a opção "**Res Alm**" ou através da interface serial utilizando o software REDEMB5.49, ou ainda enviando o comando Modbus (coil), conforme manual do protocolo Modbus do **Mult-K C.**

Sempre que ocorrer um alarme, a tela principal será substituída pela tela do MODO SPV, para que o usuário perceba que ocorreu um alarme.

Clicando-se em **VOLTAR** é possível retornar ao modo principal.
A programação dos alarmes pode ser feito através da interface serial ou pela própria IHM, através do modo de configurações.

Dispositivo sem houve falha

Sempre que ocorrer um ou mais alarmes, uma ou mais mensagens serão sinalizadas, ⊟, indicando que há alarme. A indicação de alarme acionado, ⊟, somente será apagada, □, quando todos os alarmes cessarem ou através do comando de reset do menu config – "Res Alm" RESET ALARMES ou ainda pela interface serial.

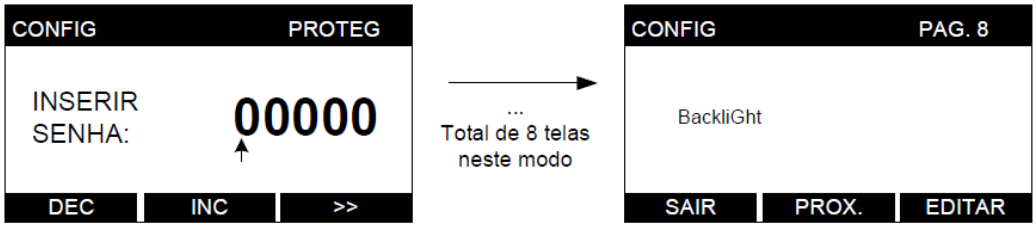
Dispositivo com houve falha

Nos dispositivos com a opção de "houve falha", o funcionamento será o mesmo, porém, após serem corrigidos os alarmes, as indicações de ocorrência, ⊟, permanecerão, para indicar que "houve falha".

Estas somente serão apagadas, quando for enviado o comando pela tela do menu config – "Res Alm" RESET ALARMES ou pela interface serial.

Modo Configuração

Através do modo **CONFIGURAÇÃO** é possível configurar TP, TC, KE, TL, TI, parâmetros de comunicação, ajustes no display gráfico, configurar alarmes para supervisão de grandezas, criar telas customizadas e etc. Este modo é tratado no capítulo *Configuração*.



A configuração dos principais parâmetros também pode ser feita através da interface serial, utilizando-se o software RedeMB5.49.

Modo Sistema

Através do modo **SISTEMA** é possível visualizar informações sobre o estado do equipamento:
Código de erro, sequência trifásica, contador de partidas total (figura 1) e número de série, versão do firmware e código de configuração interna (figura 2).

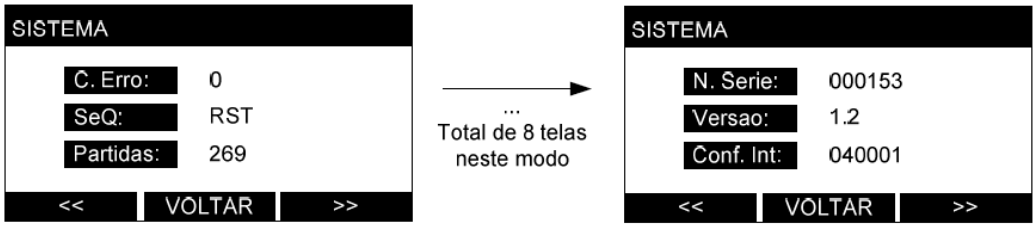


Fig.1 Fig.2

Clicando-se em **<<** e **>>** pode-se alternar entre as telas e clicando-se em **VOLTAR** é possível retornar ao modo principal.

Obs.: Caso o Mult-K C esteja configurado como TL "tipo de ligação" monofásico ou bifásico, a indicação de sequência trifásica será indicado como "---".

Código de erro

É um código numérico que indica um alerta ou presença de erro no instrumento. O código é combinatório, isto é, um código de erro 9 significa código de erro 1 + código de erro 8.

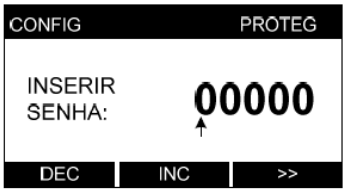
A tabela abaixo mostra um resumo do significado de cada erro:

Código	Significado	Solução
0x00	**Funcionamento normal** Atenção: isto não significa que o instrumento está instalado e/ou parametrizado de forma correta	
0x01	Falta de fase ou seqüência de fase negativa	1. Verificar se todas as fases de tensão estão presentes e se o parâmetro TL está programado corretamente. 2. Verificar a seqüência do sinal trifásico. O correto é a seqüência ser positiva (R-S-T).
0x02	Erro matemático	1. Verificar configuração das relações de TP, TC e do parâmetro TL. Após isso, reiniciar o instrumento. 2. Persistindo o problema, encaminhar o instrumento para assistência técnica.
0x04	Estouro (*overflow*) na geração de pulsos.	1. Se não estiver utilizando a saída de pulsos, programar a constante KE como 0 (desabilitada) 2. Caso esteja utilizando a saída de pulsos, reprogramar a constante KE com um valor maior, obedecendo à constante KE >= Relação TP x Relação TC
0x08	Excedido o limite permitido para tensão e/ou corrente	• Verifique se (tensão e corrente) conectadas ao equipamento estão dentro dos limites estabelecidos no capítulo *Especificações técnicas*.
0x16	Sistema reinicializado incorretamente	• Ocorreu uma provável variação de tensão na alimentação do instrumento, o que ocasionou um desligamento inadequado. Desconecte e conecte a alimentação auxiliar.
0x128	Falha na memória de massa	• Encaminhe o instrumento para assistência técnica

Configuração

Acesso ao modo configuração: o acesso é feito através do modo principal, clicando-se em **MODO** até a mensagem **CONFIG** aparecer no botão direito da barra inferior. Quando isto ocorrer, deve-se clicar em **CONFIG**.
Também é possível configurar o instrumento através da interface serial, utilizando-se o software RedeMB5.

Existe a possibilidade de se proteger o acesso ao modo de configurações com uma senha numérica de cinco dígitos. Caso a proteção esteja habilitada, será mostrada a seguinte tela:



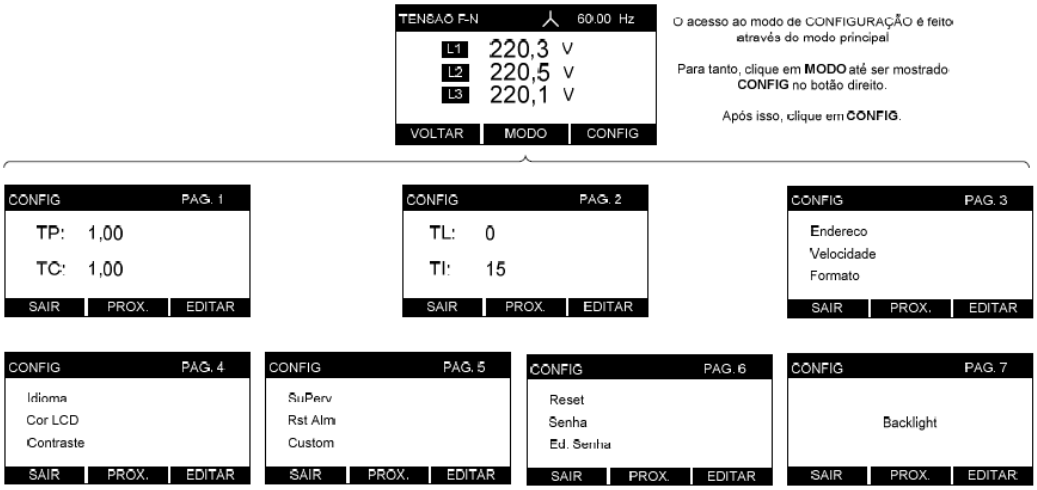
Neste caso, utiliza-se a tecla **>>** para navegar entre os dígitos e as teclas **INC** para incrementar o número e **DEC** para decrementar. Após o último dígito ser inserido e se a senha estiver correta, o acesso ao modo de configurações será autorizado.

No modo **CONFIGURAÇÃO** é possível alterar os seguintes parâmetros, divididos por páginas:

Parâmetro	Página do modo	Descrição	Padrão de fábrica
TP	1	**Relação do transformador de potencial (TP)** Define o multiplicador para os sinais de tensão de entrada.	1,00
TC		**Relação do transformador de corrente (TC)** Define o multiplicador para os sinais de corrente de entrada.	1,00
TL	2	**Tipo de ligação** Define o tipo de ligação (vide *Esquemas de Ligação*) em que o instrumento irá medir.	0
TI		**Tempo de integração** Define o tempo de integração utilizado para o cálculo da demanda, em minutos.	15
Endereço	3	Define o endereço MODBUS do instrumento	254 (sem endereço)
Velocidade		Define a velocidade de comunicação do instrumento	9600 bps
Formato		Define o formato de dados (paridade e bits de parada)	8N2
Idioma	4	Define o idioma da IHM do instrumento (português ou inglês)	Português
Cor LCD		Habilita ou desabilita o modo reverso do instrumento, invertendo as cores do display.	Normal
Contraste		Ajusta o contraste do display LCD	Ajustado para uma melhor visualização

SuPerv	5	Permite configurar os parâmetros do sistema de supervisão de grandezas.	
Rst Alm		Reset dos alarmes.	
Custom		Criar e alterar as telas personalizadas do instrumento.	Desabilitada
Reset	6	Zera as energias e demandas.	
Senha		Habilita ou desabilita a proteção de acesso as configurações através de senha.	Desabilitada
Ed. Senha		Edita a senha de acesso ao instrumento.	00021
Backlight	7	Altera o modo de funcionamento do display instrumento: normal (sempre aceso) ou econômico (apaga após período de inatividade).	Econômico

Fluxograma do modo de configuração



- Para navegar entre as páginas, utiliza-se a tecla **PROX**;
- Para acessar a edição de uma página, utiliza-se a tecla **EDITAR**;
- Após efetuar a programação de maneira conveniente em cada página, utiliza-se a tecla **VOLTAR** para acesso às outras páginas;
- Após ajustar todos os parâmetros necessários, utiliza-se a tecla **SAIR** para retornar ao modo principal.
- O acesso as telas e configurações é bastante intuitivo, porém todas as funções estão descritas neste manual, com exemplos ilustrativos.

Configuração passo a passo

O modo de configurações é composto por oito páginas, conforme mostrado anteriormente na tabela de parâmetros. Se a opção de senha estiver habilitada será necessário entrar com a mesma, e em seguida será disponibilizado o acesso as oito páginas de configuração:

PAG. 1

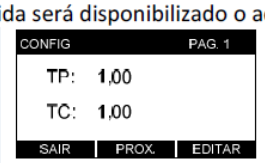


Figura 1

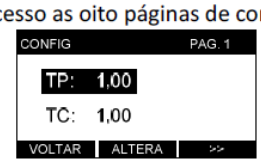


Figura 2

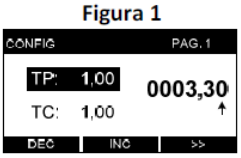


Figura 3

Figura 4

1. Nesta página é possível programar a relação de **TP** (multiplicador da tensão) e **TC** (multiplicador da corrente). Para alterar o(s) valor(es) programado(s), clique em **EDITAR** (figura 1);
2. Selecione, por meio da tecla **>>** qual dos dois parâmetros se deseja alterar. Clique em **ALTERA** para iniciar a alteração deste parâmetro (figura 2);
3. Utilize a tecla **>>** para navegar entre os dígitos e as teclas **INC** e **DEC** para incrementar ou diminuir os valores. Após programar o último digito, o parâmetro será alterado (figura 3);
4. Após alterar o(s) parâmetro(s), pressione **VOLTAR** (figura 4).

Exemplos de programações:

Tensão	Relação TP	Corrente	Relação TC
Direta	1,00	TC 100 / 5	20,00
TP 440 / 115	3,83	TC 200 / 5	40,00

PAG. 2

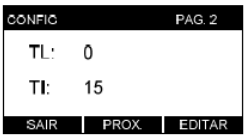


Figura 1

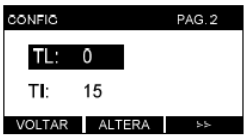


Figura 2

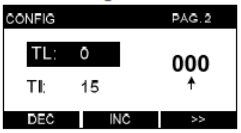


Figura 3

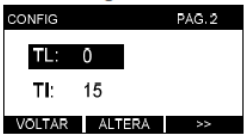


Figura 4

Demanda: A constante **TI** define o tempo para calculo da demanda. O **TI** pode ser configurado de 1 a 60 minutos, o padrão de fábrica é 15 minutos padronizado pelas concessionárias de energia.

Tabela de Esquema de Ligação

TL	Descrição
00	Trifásico com neutro (3 elementos 4 fios)
01	Bifásico com neutro (2 fases + neutro)
02	Monofásico (1 fase + neutro)
03	Trifásico equilibrado (mede apenas 1 fase)
48	Trifásico sem neutro (3 elementos – 3 TCs)
49	Trifásico sem neutro (2 elementos – 2 TCs)

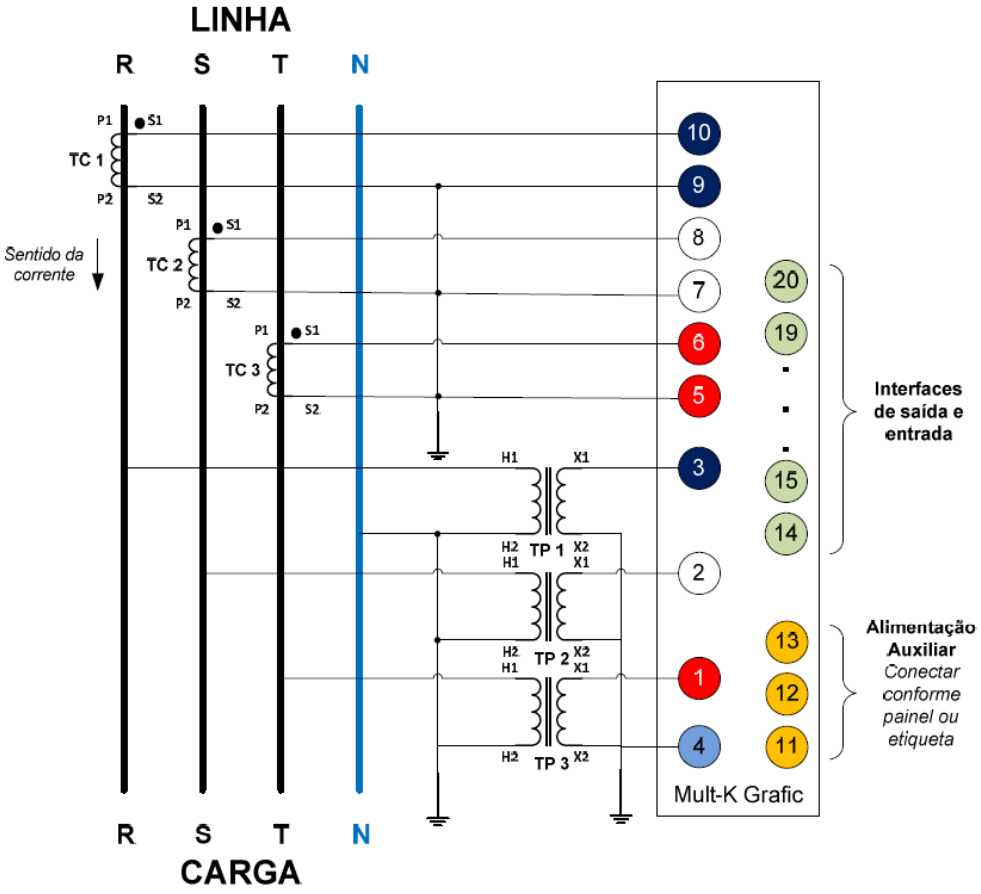
1. Nesta página é possível programar o TL (tipo de ligação) e o TI (tempo de integração); Para alterar o(s) valor(es) programado(s), clique em **EDITAR** (figura 1);
2. Selecione, por meio da tecla **>>** qual dos dois parâmetros se deseja alterar. Clique em **ALTERA** para iniciar a alteração deste parâmetro (figura 2);
3. Utilize a tecla **>>** para navegar entre os dígitos e as teclas **INC** e **DEC** para incrementar ou decrementar os valores. Após programar o último digito, o parâmetro será alterado (figura 3);
4. Após alterar o(s) parâmetro(s), pressione **VOLTAR** (figura 4).

Escolha na tabela ao lado o TL (tipo de ligação) que deseja utilizar e configure do mesmo modo feito anteriormente.

Esquemas de ligação

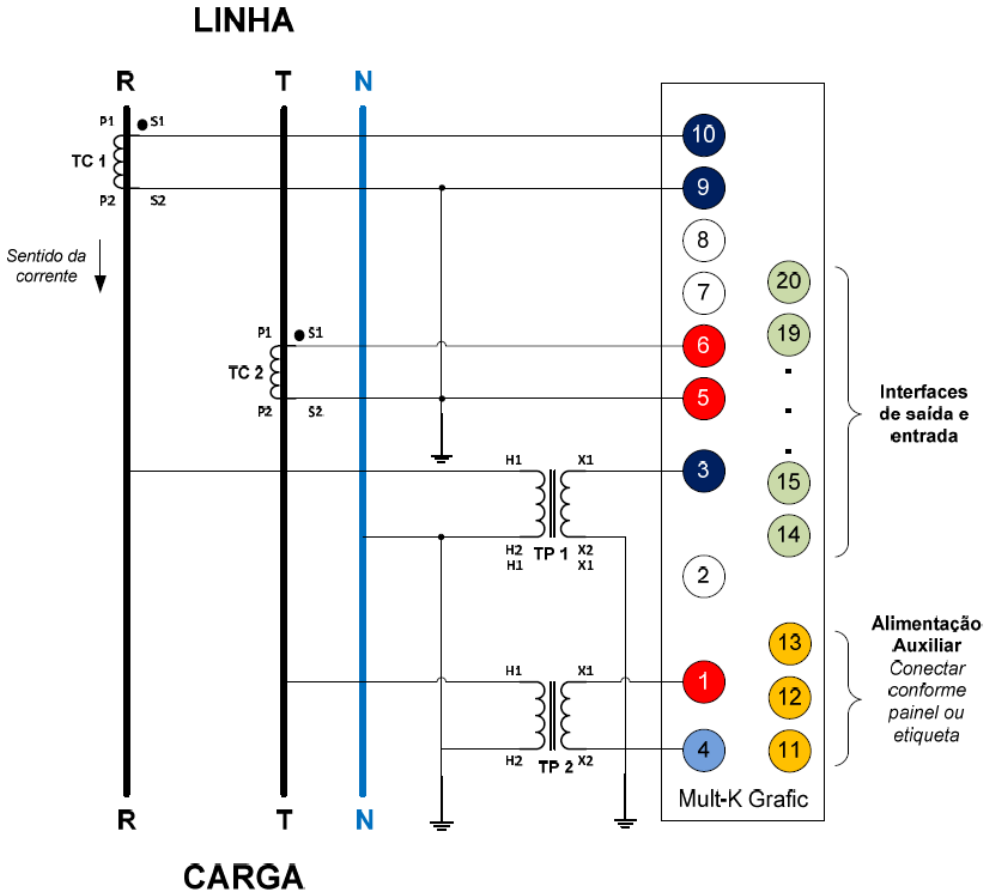
TL-00: Trifásico com neutro – 3 elementos 4 fios

Aplicação:	Medição de circuitos trifásicos com neutro (3F +N)
Elementos de corrente:	3 – uma corrente por fase
Fios de tensão:	4 – três tensões e o sinal de neutro
Limitações:	Não há



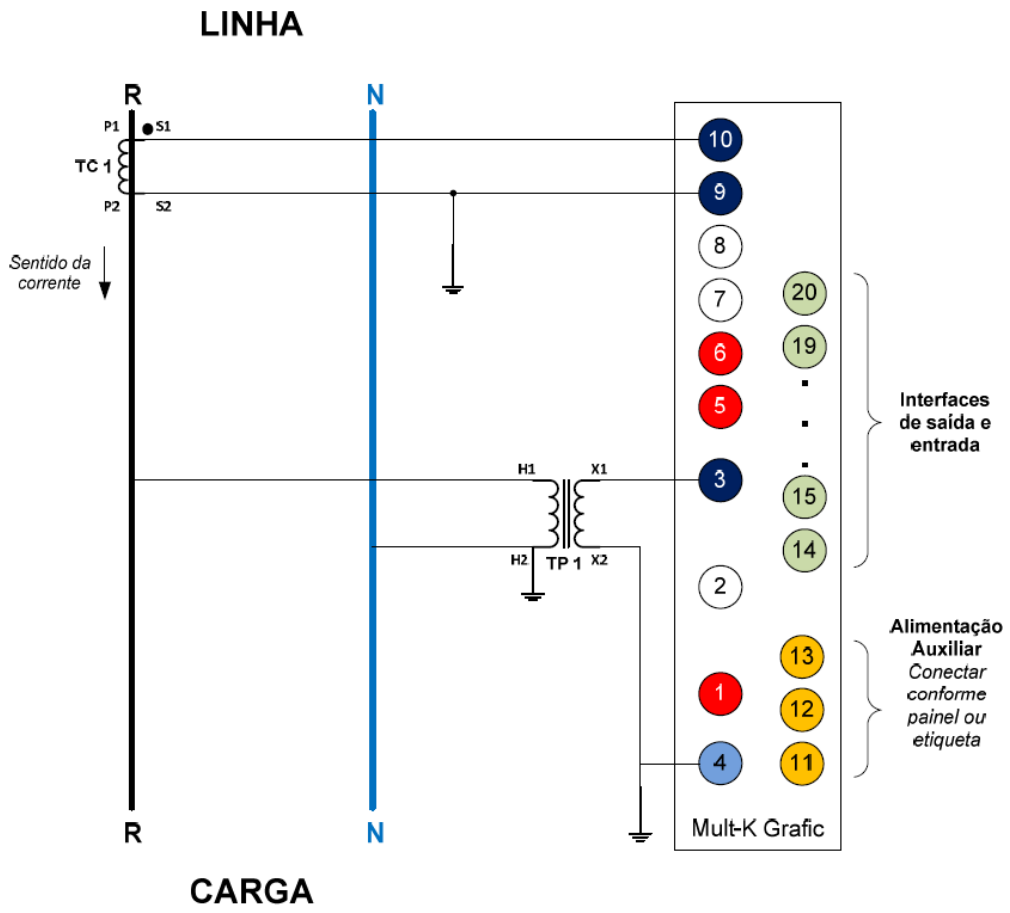
TL-01: Bifásico (2F + neutro)

Aplicação:	Medição de circuitos bifásicos com neutro (2F +N)
Elementos de corrente:	2 – uma corrente por fase
Fios de tensão:	3 – duas tensões e o sinal de neutro
Limitações:	Não há



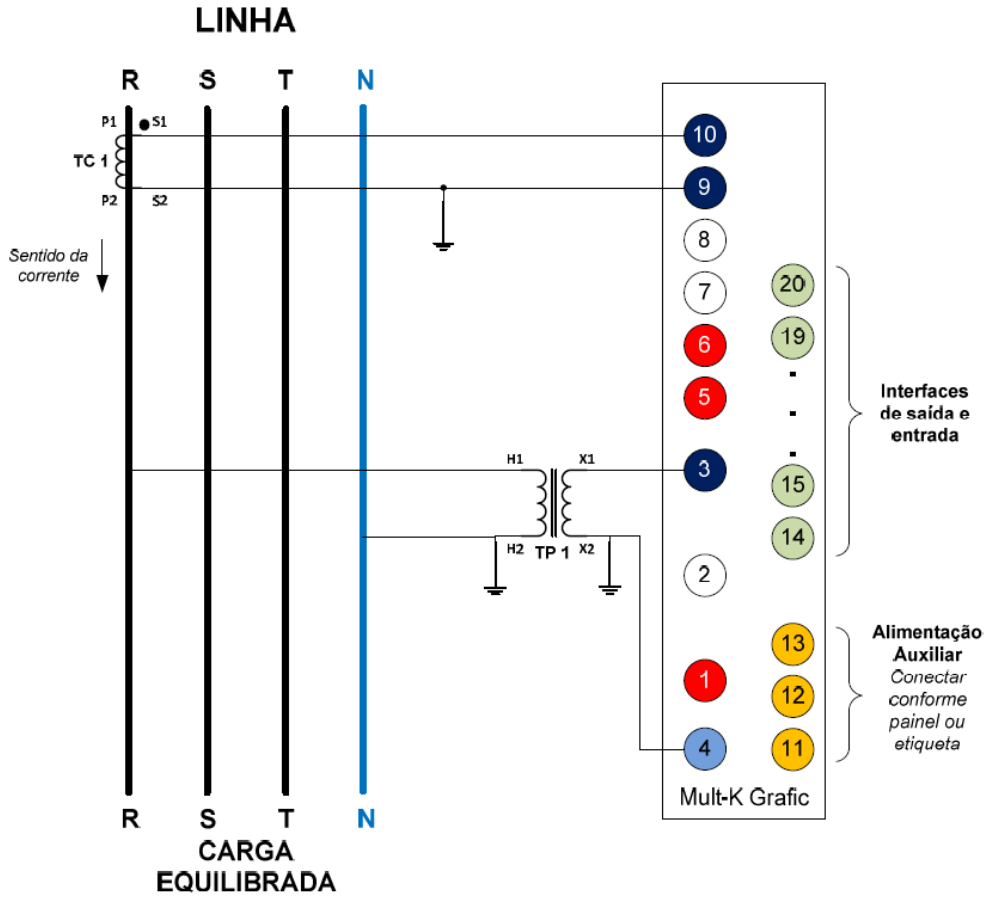
TL-02: Monofásico (1F + neutro)

Aplicação:	Medição de circuitos monofásicos (1F + N ou 2F sem Neutro)
Elementos de corrente:	1
Fios de tensão:	2 – sinal de tensão e neutro
Limitações:	Não há



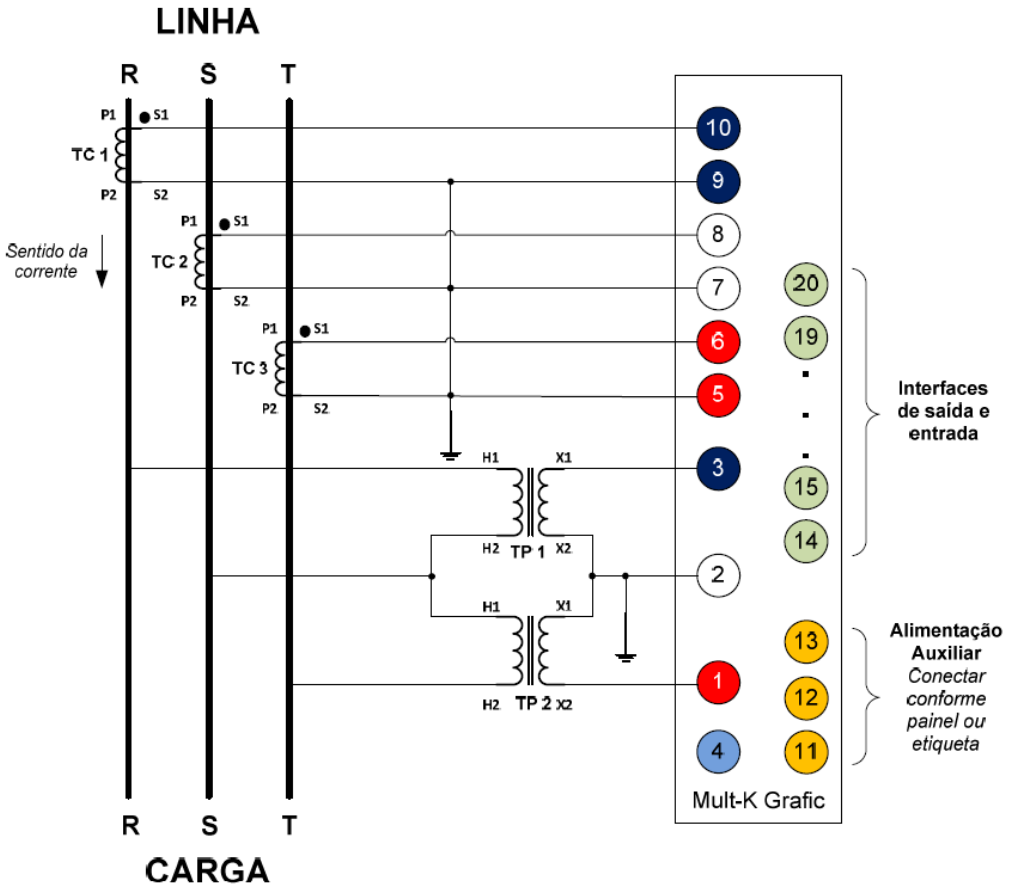
TL-03: Trifásico Equilibrado (3F + neutro)

Aplicação:	Medição de circuitos trifásicos com neutro equilibrados (3F + N)
Elementos de corrente:	1 – Sinal de corrente da fase R
Fios de tensão:	2 – sinal de tensão da fase R e neutro
Limitações:	Somente aplicável para sistemas equilibrados (tensões e correntes com mesmo módulo e defasagem de 120°). Se houver desequilíbrio, haverá erro na medição.



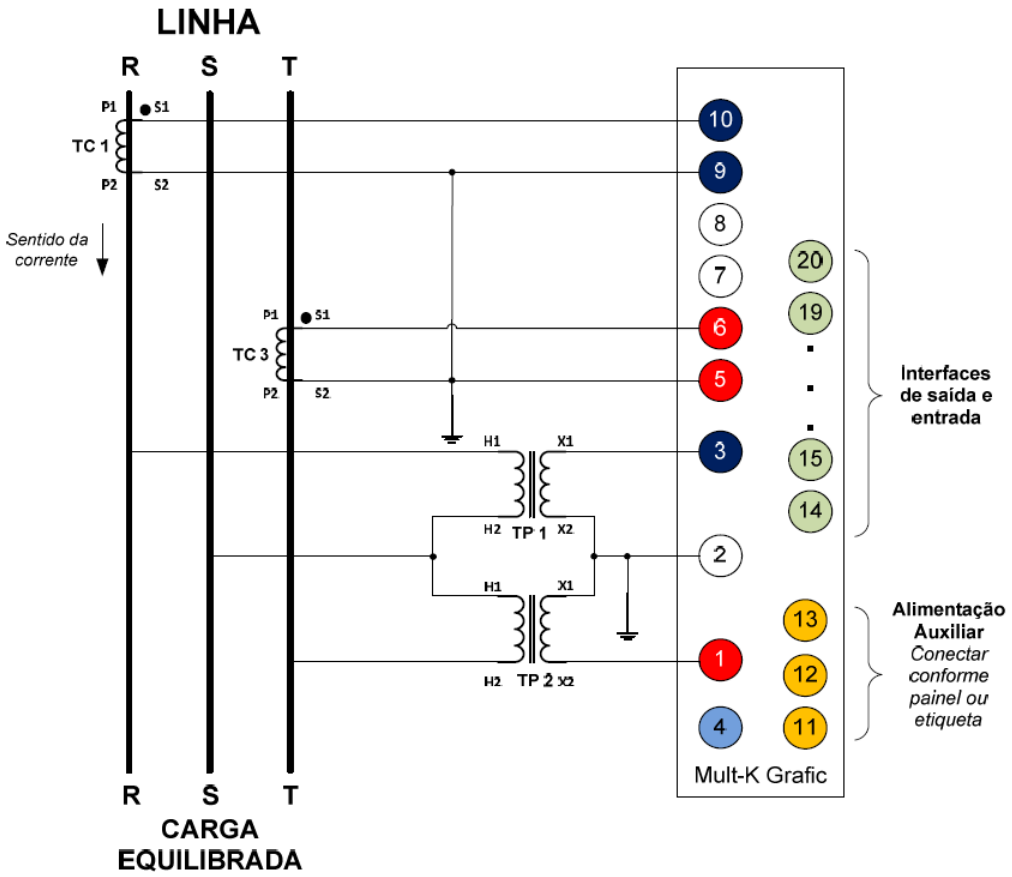
TL-48: Trifásico sem neutro – 3 elementos 3 fios

Aplicação:	Medição de circuitos trifásicos sem neutro (3F)
Elementos de corrente:	3 – uma corrente por fase
Fios de tensão:	3 – três tensões
Limitações:	Não há



TL-49: Trifásico sem neutro – 2 elementos 3 fios

Aplicação:	Medição de circuitos trifásicos sem neutro (3F)
Elementos de corrente:	2 – Corrente das Fases R e T
Fios de tensão:	3 – três tensões
Limitações:	Somente aplicável para sistemas equilibrados (tensões e correntes com mesmo módulo e defasagem de 120°). Se houver desequilíbrio, haverá erro na medição.



Observações importantes:

1. O uso de TPs não é necessário para entrada de tensão abaixo de 500 Vc.a. (F-F) ou 288,68 Vc.a (F-N). Neste caso, os sinais devem ser conectados direto aos respectivos bornes de tensão;
2. Os aterramentos mostrados no diagrama são recomendáveis em termos de segurança e não interferem diretamente na medição ou precisão do instrumento;
3. A alimentação auxiliar deve ser feita de acordo com o painel traseiro ou etiqueta afixada no instrumento. O instrumento não irá funcionar caso a alimentação auxiliar não seja conectada de forma adequada.
4. Nunca abra o secundário do TC (transformador de corrente) com carga no primário do mesmo.

PAG. 3

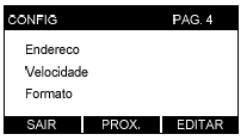


Figura 1

Figura 2

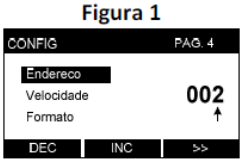


Figura 3

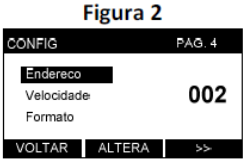


Figura 4

Endereço: identificação do instrumento na rede MODBUS. Deve ser um número de 1 até 247, lembrando que não podem existir dois instrumentos com o mesmo endereço em uma rede. Valor de fábrica: 254 (sem endereço)
Velocidade: 9600 – 19200 – 38400 – 57600 bps
Formato: 8N1 – 8N2 – 8E1 – 8O1
N = sem paridade
E = paridade par
O = paridade impar

1. Nesta página é possível programar o endereço do instrumento, velocidade e formato de dados. Para alterar o(s) valor(es) programado(s), clique em **EDITAR** (figura 1);
2. Selecione, por meio da tecla **>>** qual dos três parâmetros se deseja alterar. Clique em **ALTERA** para iniciar a alteração deste parâmetro (figura 2);
3. **Endereço**: Utilize a tecla **>>** para navegar entre os dígitos e as teclas **INC** e **DEC** para incrementar ou diminuir os valores. Após programar o último digito, o parâmetro será alterado. Faixa válida: 1 até 247.
   Velocidade e formato: Utilize as teclas **INC** e **DEC** para selecionar entre as opções disponíveis. Utilize a tecla **>>** para confirmar a alteração.
4. Após alterar o(s) parâmetro(s), pressione **VOLTAR** (figura 4).

Para maiores informações consulte o capítulo RS-485.

PAG. 4

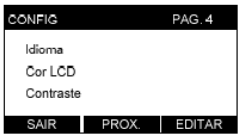


Figura 1

Figura 2

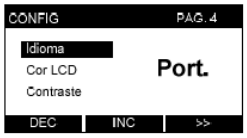


Figura 3

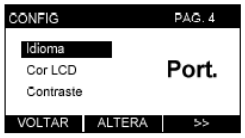


Figura 4

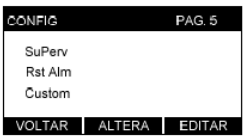
Idioma: o idioma padrão é o *português*, porém a IHM também está disponível em *inglês*.
Cor LCD: define o modo de funcionamento do display. Normal significa fundo azul e letras brancas e Reverso fundo branco e letras azuis.
Contraste: ajusta o contraste do display (passo de 5%).

No caso de alteração do idioma ou do modo de funcionamento do LCD, o instrumento é automaticamente reiniciado.

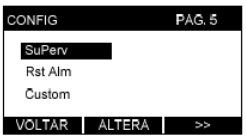
1. Nesta página é possível programar o **idioma** da IHM (Port. / English), o modo de **funcionamento** (Normal /Rever) e **contraste do LCD**. Para alterar o(s) valor(es) programado(s), clique em **EDITAR** (figura 1);
2. Selecione, por meio da tecla **>>** qual dos três parâmetros se deseja alterar. Clique em **ALTERA** para iniciar a alteração deste parâmetro (figura 2);
3. **Idioma e contraste**: Utilize as teclas **INC** e **DEC** para selecionar entre as opções disponíveis. Utilize a tecla **>>** para confirmar a alteração.
   Cor LCD: Utiliza a tecla **NORMAL** para o modo normal (fundo azul e letras brancas) ou **REVER** para o modo reverso (fundo branco e letras azuis).
4. Após alterar o(s) parâmetro(s), pressione **VOLTAR** (figura 4).

Na página 5 do modo de configuração é possível **configurar o sistema de supervisão de grandezas, resetar os alarmes** e **criar as telas customizadas**. Caso o usuário prefira, estes ajustes podem ser feitos através do software **RedeMB5.49**.

PAG. 5

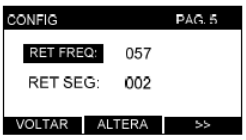


Tela 1

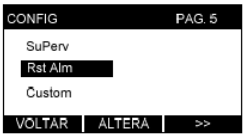


Tela 2

Tela 3



Tela 4



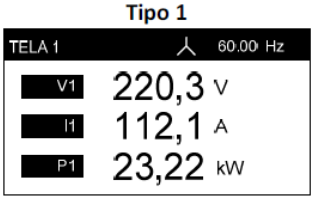
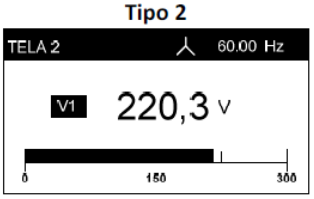
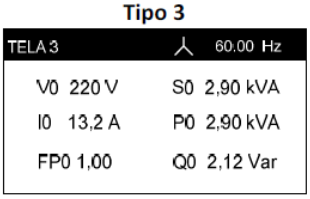
Tela 5

Tela 6

1. Nesta página é possível programar o sistema de supervisão, reset dos alarmes e customizar telas. Para alterar o(s) valor(es) programado(s), clique em **EDITAR** (Tela 1);
2. Com o cursor selecionando na opção que gostaria de alterar, neste caso **SuPerv**, clique em **ALTERA** (Tela 2); O instrumento ira entrar no modo de programação do sistema de supervisão de grandezas;
3. Os pontos a serem configurados são: RET FREQ, RET SEG, TIPO ALM, TIPO REDE, RELE 1, RELE 2, OPERAÇÃO, PARTIDAS, ALARME 1, ALARME 2. Para navegar nestes parâmetros clique em **>>**, e para alterar o valor clicar em **ALTERAR** (Tela 3);
4. Para limpar as ocorrência (as) de alarme (es), selecione a opção RESET ALARMES "Res Alm" e clicar em **ALTERA** (Tela 5), em seguida irá aparecer a mensagem "APAGAR ALARMES CONTINUAR?", se sim clique em **>>**, caso não clique em **VOLTAR** (Tela 6).

Para maiores informações e exemplos de configurações de alarmes, consulte o capítulo Supervisão de Grandezas.

O **Mult-K C** permite a criação de até três telas personalizadas. Existem três modelos possíveis a serem criados, sendo que a freqüência é sempre exibida na barra superior:

Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3
		
Podem ser escolhidos três parâmetros de medição, exceto freqüência, energias, demandas, MÍN/MAX e THD.	Pode ser escolhido um parâmetro de medição, exceto freqüência, energias, demandas, MÍN/MAX e THD.	Podem ser escolhidos seis parâmetros, com as mesmas restrições da tela tipo 2.

PAG. 5

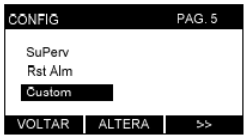


Figura 1

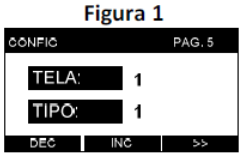


Figura 2

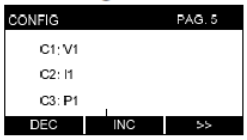


Figura 3

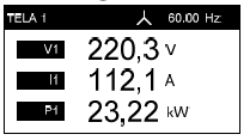


Figura 4

1. Estando na página 5 do modo de configurações e com o cursor selecionando a opção **Custom**, clique em **ALTERA** (figura 1). Podem ser definidas três telas personalizadas, baseadas nos três modelos distintos citados anteriormente;
2. **Selecionar TELA**: Através das teclas **DEC** e **INC** selecione qual das telas configuráveis (1, 2 ou 3) se deseja alterar. Clique em **>>** para confirmar (figura 2);
3. **Selecionar TIPO**: Através das teclas **DEC** e **INC** selecione qual o modelo para a tela configurável. São disponibilizados três modelos (1, 2 e 3), conforme citado anteriormente. Clique em **>>** para confirmar (figura 2);
4. **Escolher grandezas:** seleciona a(s) grandeza(s) desejada(s) por meio das teclas **DEC** e **INC**
   Use **>>** para selecionar o próximo parâmetro (figura 3). Após a escolha do último parâmetro, o instrumento é direcionado automaticamente para a tela personalizada (figura 4).

PAG. 6

Figura 1

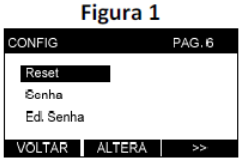


Figura 2

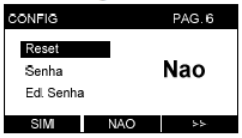


Figura 3

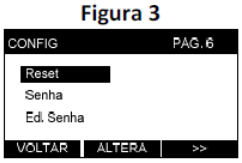


Figura 4

1. Nesta página é possível zerar as energias e demandas (Reset), habilitar ou desabilitar a senha de acesso (Senha), bem como modificar a senha de acesso (Ed. Senha). Clique em **EDITAR** para iniciar a edição (figura 1);
2. Selecione, por meio da tecla **>>** uma das três opções. Clique em **ALTERA** para prosseguir;
3. **Reset**: Confirme o reset clicando em **SIM** ou cancele clicando em **NAO**. Utilize a tecla **>>** para confirmar o reset (figuras 2 a 4);
   Senha: Selecione **SIM** para habilitar a senha ou **NAO** para desabilitar. Será solicitada a inserção da senha atual para confirmar o procedimento;
   Utilize as teclas **DEC** para decrementar ou **INC** para incrementar os dígitos e a tecla **>>** para navegar entre eles. Após a digitação correta do último digito, a alteração é efetivada.
   Ed. Senha: Selecione **ALTERA** para iniciar a mudança da senha. Será solicitado que se digite a senha atual, utilizando as teclas **DEC** e **INC** para decrementar e incrementar os dígitos e a tecla **>>** para navegar entre eles;
   Após se digitar a senha atual, será solicitada a nova senha. A senha é um número de **00000** até **99999**. Após a digitação da nova senha, é solicitado que a mesma seja inserida novamente, para efeitos de confirmação.
4. Após alterar o(s) parâmetro(s), pressione **VOLTAR** (figura 4).
5. A senha standard é 00021. Caso não se lembre da senha após a alteração entre em contato com o suporte técnico da Kron.

PAG. 7

Figura 1

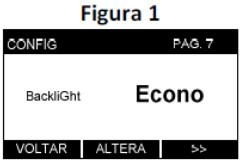


Figura 2

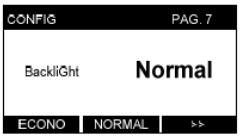


Figura 3

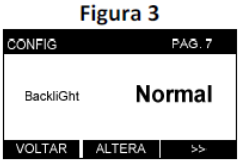


Figura 4

1. Nesta página é possível alterar o modo de funcionamento do backlight do display gráfico. Clique em **EDITAR** para iniciar a alteração (figura 1);
2. Clique em **ALTERA** para prosseguir (figura 2);
3. Selecione **ECONO** para modo econômico (display apaga automaticamente após segundos) ou **NORMAL** para modo normal (display aceso por todo o tempo). Clique em **>>** para confirmar (figura 3);
4. Após alterar o(s) parâmetro(s), pressione **VOLTAR** (figura 4).

- Após ajustar todos os parâmetros necessários, utiliza-se a tecla **SAIR** para retornar ao modo principal.

Configuração - Supervisão de Grandezas

No modo de configuração do sistema de supervisão de grandezas, é possível configurar os alarmes de sub e sobre, bem como habilitar e desabilitar a supervisão de grandezas.

Supervisão

Os parâmetros do modo supervisão poderão ser protegidos pela senha do menu config, basta que o usuário a habilite.

A parametrização da supervisão permitirá:

- Definir o tipo de monitoramento dos alarmes – com "Houve Falha" ou sem "Houve Falha".
- O tipo de contato do relé, NA (relé normalmente desliga) ou NF (relé normalmente ligado).
- A faixa de valores das grandezas elétricas para supervisão de sobre/sub, retardo e histerese.
- Ajuste dos contadores de partida e horas de operação.

Nesta tela poderemos selecionar o tipo de supervisão da rede elétrica, F-F ou F-N.

Condição para supervisão

A supervisão de Alarmes é executada apenas quando as seguintes condições forem verdadeiras:

1. Retardo para supervisão Hz válido.
2. Retardo para supervisão segundos válido.
3. Supervisão da grandeza elétrica configurada com valor diferente de 0 (zero). Se o parâmetro de supervisão da grandeza for configurado como zero, o alarme em questão fica desativado.

Segue abaixo as grandezas disponíveis para supervisão:

Item	Grandeza	Descrição
01	SobUFF/UFN	Sobre Tensão F-F/F-N
02	SubUFF/UFN	Sub Tensão F-F/F-N
03	SobI	Sobre corrente
04	SobIn	Sobre Corrente de Neutro
05	SobF	Sobre Frequência
06	SubF	Sub Frequência
07	SobDA	Sobre Demanda Ativa
08	SobDS	Sobre Demanda Aparente
09	SobU0	Sobre Tensão Trifásica
10	SubU0	Sub Tensão Trifásica
11	SobI0	Sobre Corrente Trifásica
12	SubFP0	Sub Fator de Potência Trifásico
13	SubFP	Sub Fator de Potência
14	SobP0	Sobre Potência Ativa Trifásica
15	SobP	Sobre Potência Ativa
16	SobQ0	Sobre Potência Reativa Trifásica
17	SobQ	Sobre Potência Reativa
18	SobS0	Sobre Potência Aparente Trifásica
19	SobS	Sobre Potência Aparente
20	SobTHDU	Sobre THD de Tensão
21	SobTHDI	Sobre THD de Corrente

Configuração dos contadores

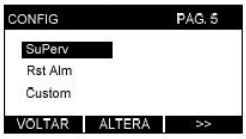
Neste modo é possível alterar os valores dos contadores, pois está disponível os contadores de **OPERACAO** e o **PARTIDAS**.

OPERAÇÃO: Quantidade de horas que o instrumento está ligado

PARTIDAS: Quantidade de vezes que o instrumento foi reinicializado. Há duas formas de incrementar valores neste contador, ou seja, sempre que o instrumento for reinicializado (desligado e ligado) será incrementada uma unidade, ou quando efetuado a programação de alarmes será incrementada duas unidades.

PAG. 5

Tela 1



Tela 2

Tela 3

Tela 4

1. Acessar a página 5 do modo configuração e com o cursor selecionando em **SuPerv**, clique em **ALTERA** (Tela 2); O instrumento ira entrar no modo de programação do sistema de supervisão de grandezas;
2. Clicar em **>>** até o a tela de configuração dos contadores (Tela 3). em **>>** e em seguida selecionar o que gostaria de alterar, **OPERACAO** ou **PARTIDA** e clique em **ALTERA**.
3. Dessa forma é possível alterar a quantidade de horas de operação e partidas, ou até mesmo reiniciá-la.
4. As teclas **DEC** e **INC** permitem alterar o valor do dígito selecionado pela tecla **>>** (Tela 4).

Configuração – Supervisor de Grandezas

Exemplo:

Situação:

Tensão primária nominal = 13.8kVca. (F-F)
Corrente primária nominal = 400Aca. (F-F)

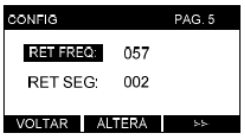
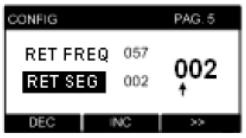
Definindo a supervisão:

SobreTensão(FF) = 120% → 16,56kV
SubTensão(FF) = 80% → 11,04kV
SobreCorrente = 120% → 480A

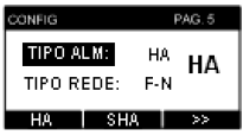
Programando a Supervisão do Alarme 1

1) **Retardo da Freqüência** = 57 (Hz) e **Retardo Segundos** = 10

Estando no menu **SuPerv** dentro do modo de *Configurações*, os parâmetros destacados acima serão os primeiros a serem ajustados, como mostra a seqüência abaixo:

Para alteração de valores deve-se pressionar **ALTERA**. Para edição do parâmetro não-selecionado tecle **>>** e, na seqüência **ALTERA**.	Para alterar os valores, use **DEC** ou **INC** .	Com o cursor no último número, aperte **>>** para confirmar.	Pressionando **VOLTAR** retorna-se a seleção da PAG.5.
			

2) **Tipo de Alarme** = SHA (sem houve alarme)

Para alteração do tipo de alarme deve-se pressionar **ALTERA**. Para edição do parâmetro não-selecionado tecle **>>** e, na seqüência **ALTERA**.	Para alterar o tipo de alarme, use **HA** ou **SHA**.	Após a seleção, aperte **>>** para confirmar.	Pressionando **VOLTAR** retorna-se a seleção da PAG.5.
			

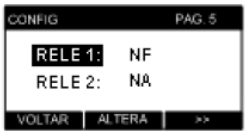
3) Tipo de Rede = F-F (Fase-Fase)

Seleção de tipo de supervisão (Fase- Fase ou Fase- Neutro)

Pressione **>>** para poder selecionar a opção **TIPO REDE**.	Confirme pressionando **ALTERA**.	Para selecionar o tipo de Rede desejado, pressione a tecla correspondente e aperte **>>** para confirmar.	Pressionando **VOLTAR** retorna-se a seleção da PAG.5.

4) Rele 1 = NA (normalmente aberto)

Seleção entre contato de tipo NA ou NF.

Para configuração dos relés acesse a tela descrita abaixo. Para alterar o tipo de contato pressione **ALTERA**. Para edição do parâmetro não-selecionado tecle **>>** e, na seqüência **ALTERA**.	Para alterar o tipo de alarme, use as teclas **NF** ou **NA**.	Após a seleção, aperte **>>** para confirmar.	Pressionando **VOLTAR** retorna-se a seleção da PAG.5.
			

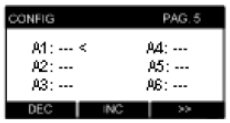
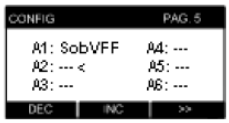
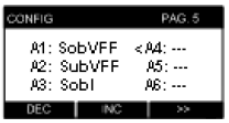
Parametrização do Alarme 1:

Alarme 1 = SobUFF, SubUFF e SobI (podendo ser programado até 12 alarmes por relé).

SobUFF = 16,560 Escala = k
Retardo = 001,20 (Após 1,2 segundos será sinalizado o alarme)
Histerese = 2000,000 (Sai da condição de alarme quando o valor medido cair 2000V)

SubUFF = 0011,040 Escala = k
Retardo = 001,00 (Após 1 segundo será sinalizado o alarme)
Histerese = 2000,000 (Sai da condição de alarme quando o valor medido subir 2000V)

SobI = 480
Retardo = 120,00 (Após 2 minutos será sinalizado o alarme)
Histerese = 80,000 (Sai da condição de alarme quando o valor medido cair 80A)

Para configuração dos relés acesse a tela descrita abaixo. Para configurar o alarme pressione **ALTERA**. Para edição do parâmetro não-selecionado tecle **>>** e, na seqüência **ALTERA**.	Utilize **DEC** ou **INC** para configurar a grandeza destinada a cada campo. O campo ativo conta com o sinal **<** ao lado do espaço destinado.	A confirmação de seleção de grandeza para cada campo é feita pressionando **>>**. Após confirmação, o cursor **<** é levado ao próximo campo.	Após a programação das grandezas de interesse, estando o cursor **<** em um campo "vazio" ou no último do total de condições por alarme (12°), finaliza-se a programação pressionando **>>**.
			
Após isso, surge a tela de configuração da primeira condição programada. Pressionando **ALTERA** tem-se acesso a configuração da condição vigente; pressionando **>>** pode-se acesso as outras condições pré-determinadas.	No campo com o nome da grandeza é programado seu limite. Para isso, utilize as teclas **DEC**, **INC** e **>>**.	Após a confirmação do valor é necessário inserir a escala. A posição inicial – espaço em branco – corresponde a multiplicar o valor por 1. As opções k, M e G correspondem respectivamente a multiplicação por 10^3, 10^6 e 10^9 .A seleção é confirmada ao teclar **>>**.	Na seqüência deve-se programar o tempo (segundos) de **Retardo** para sinalização do alarme. De mesmo modo **DEC**, **INC** e **>>** são utilizados para configuração.
Após confirmação do valor de retardo, deve ser programada a **Histerese**, que consiste no valor , em relação ao limite programado, a partir do qual o instrumento sairá da condição de alarme.	Assim como na programação de valor limite, são utilizadas as teclas **DEC**, **INC** e **>>** para programação de valor. Após a seleção de escala, pressionando **>>** confirma-se a programação para o alarme.	O processo de parametrização para as outras duas situações de alarme é análogo ao descrito acima, basta acessar as páginas correspondentes.	

Seguem adiante gráficos de comportamento em relação à supervisão de sub e sobrevalores.

Regra de supervisão:

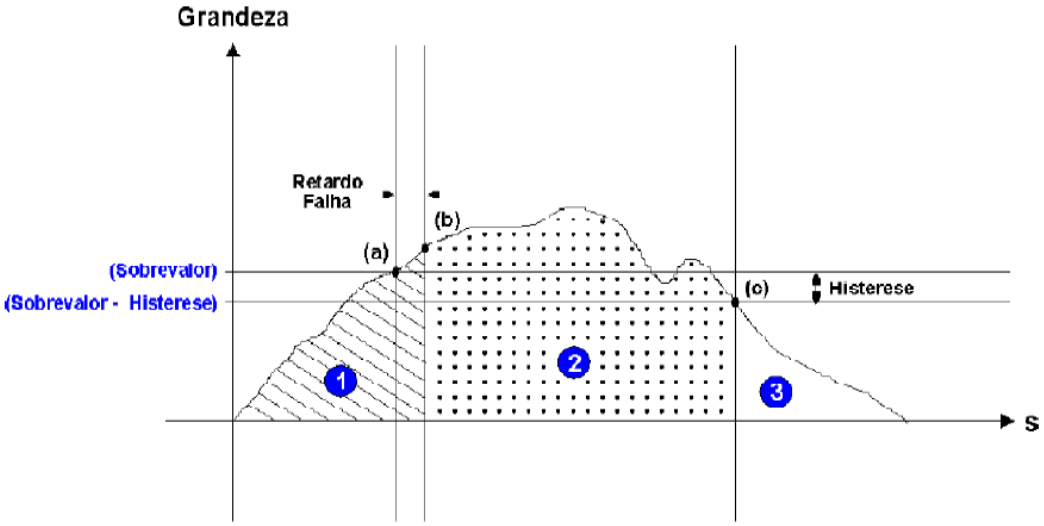


Figura 1: Supervisão Sobrevalor

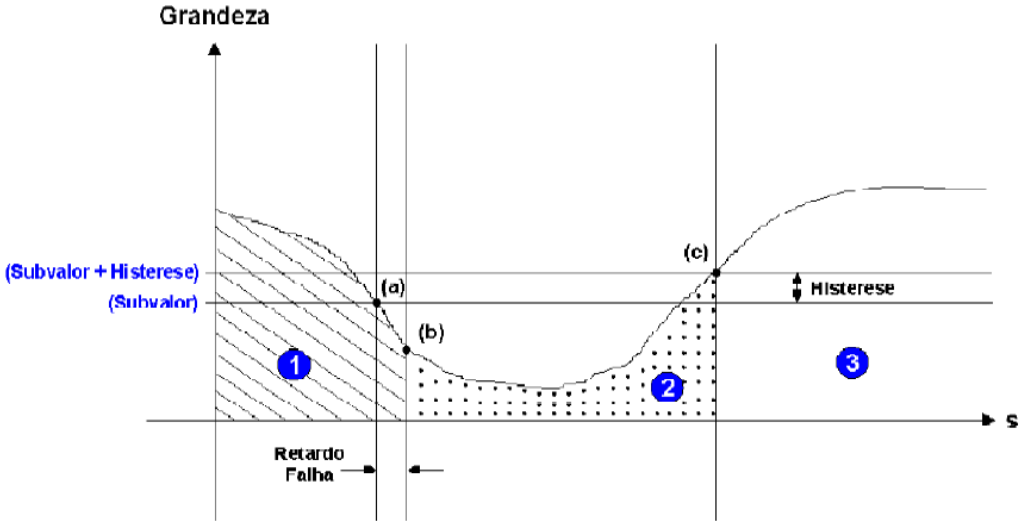


Figura 2: Supervisão Subvalor

Sem Houve Alarme

- Região (1): **Não HÁ ALARME**
- Região (2): **HÁ ALARME** (Haverá um salto para a tela do Modo Supervisão e backlight estará piscando e é possível visualizar o alarme que foi acionado).
- Região (3): **Não HÁ ALARME**
- Ponto (a): inicio de contagem do tempo de retardo para acionar o alarme.
- Ponto (b): Passagem do estado de "**Não HÁ ALARME**" para "**HÁ ALARME**".
- Ponto (c): Passagem do estado de "**HÁ ALARME**" para "**Não HÁ ALARME**"

Com Houve Alarme

- Região (1): **Não HÁ ALARME**
- Região (2): **HÁ ALARME** (Haverá um salta para a tela do Modo Supervisão e backlight estará piscando e é possível visualizar o alarme que foi acionado).
- Região (3): **HOUVE ALARME**
- Ponto (a): inicio de contagem do tempo de retardo para acionar o alarme.
- Ponto (b): Passagem do estado de "**Não HÁ ALARME**" para "**HÁ ALARME**".
- Ponto (c): Passagem do estado de "**HÁ ALARME**" para "**HOUVE ALARME**"

Interface RS-485

Introdução

Opcionalmente, os instrumentos da linha Mult-K podem ser equipados com saída serial, padrão RS-485, a dois fios, half-duplex, para leitura e parametrização remota dos mesmos.

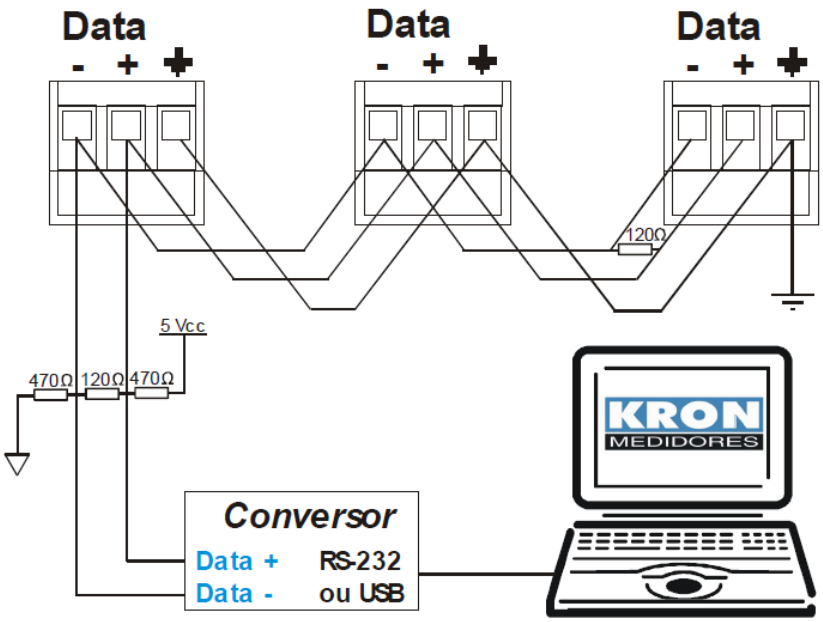
O protocolo de comunicação utilizado é o MODBUS-RTU, possibilitando que até 247 multimedidores trabalhem em uma mesma rede de comunicações.

Diagrama de Ligação

A interface serial RS-485 dos **Mult-K C** possui 3 (três) pontos de conexão: DATA+, DATA- e GND (terra).

A forma correta de se ligar os instrumentos em rede é do tipo "ponto-a-ponto", isto é, do mestre (CLP, PC, conversor) efetua-se a conexão ao primeiro multimedidor, deste primeiro multimedidor efetua-se a conexão ao segundo e assim por diante.

Abaixo é esquematizado uma aplicação típica de multimedidores utilizando um conversor RS-485/RS-232 para ligação ao PC e uso do software **RedeMB5**.



Recomendações

- Utilizar cabo par trançado 2x24 AWG ou 3x24 AWG, caso se utilize a conexão entre o GND dos instrumentos. Este cabo deverá possuir blindagem e impedância característica de 120 Ω.
- Conectar dois resistores de terminação de 120 Ω, ou seja, um na saída do conversor e outro no último instrumento instalado na rede. Conectar dois resistores de polarização de 470 Ω utilizando fonte externa de 5 Vcc conforme diagrama da ilustração anterior.
- Caso a opção seja a não utilização dos resistores de polarização, eliminar também os resistores de terminação. É importante ressaltar que, isto implicará em perda da qualidade do sinal de comunicação, podendo inclusive ocasionar falhas na comunicação.
- Conectar o terra da RS-485 dos instrumentos utilizando um dos fios disponíveis do cabo e conectar apenas uma das pontas deste fio ao terra da instalação. **Não** deve ser utilizada a blindagem do cabo para conectar ao terra dos instrumentos.
- Efetuar o aterramento da blindagem em apenas um ponto.
- Acima de 32 instrumentos ou distância superior a 1000 metros, deve ser utilizado um amplificador de sinal. Para cada amplificador de sinal instalado, será necessário adicionar os resistores de terminação e polarização conforme diagrama de ligação RS-485.

Conversores

Tem como função converter um determinado meio físico a outro. Por exemplo: a maioria dos PCs é equipada apenas com interface serial **RS-232** ou **USB**, não compatível com a interface serial **RS-485** da maioria dos equipamentos de automação industrial ou predial.

Para permitir a comunicação do PC com os multimedidores é necessário um conversor, neste caso, de RS-485 para RS-232. Tais conversores são facilmente encontrados no mercado, existindo modelos importados e nacionais, isolados ou não.

Recentemente foram desenvolvidos conversores de RS-485 para **USB** (Universal Serial BUS) e **Ethernet**, aumentando ainda mais a possibilidade e facilidade de comunicação com estes medidores.

A ***KRON Instrumentos Elétricos*** disponibiliza o modelo KR-485/USB. Tal informação pode ser obtida com nosso *Suporte Técnico*, pelo email suporte@kron.com.br ou telefone (11) 5525-2000.

Software

Para leitura e parametrização do Multimedidor Trifásico Supervisor de Grandezas Elétricas **Mult-K C** é disponibilizado o software **RedeMB5.49** de licença livre e que pode ser utilizado no Windows 95, 98 e XP. Onde pode ser obtido em sua versão mais atualizada, através do site www.kron.com.br ou pelo e-mail suporte@kron.com.br .

O RedeMB5 tem a função de comunicar com os multimedidores da Kron, possibilitando efetuar leituras e configuração dos instrumentos com RS-485 fabricados pela Kron Medidores.

Passo a passo – Instalação:

a) Insira o CD-ROM de instalação do RedeMB5.
b) Caso a instalação não seja iniciada automaticamente, localize o arquivo "SETUP.EXE" e o execute. Será exibida a tela de apresentação do instalador, sendo necessário clicar em **Next** para continuar a instalação

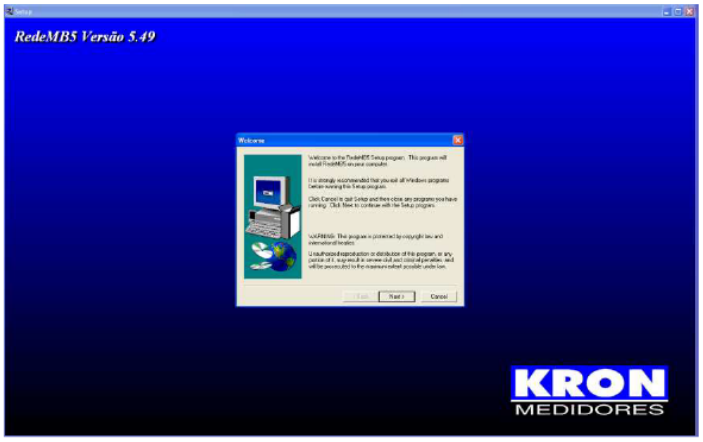


Figura a - Instalador do RedeMB5

c) Será exibida a tela para opção da pasta de instalação do RedeMB5 (padrão: C:\Arquivos de Programas\Kron\RedeMB5\). Caso seja necessário alterar esta pasta, clique em **Browse**. Após a seleção da pasta, clique em **Next**.

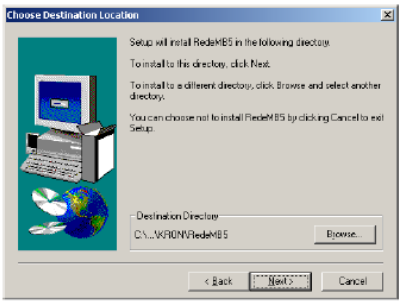


Figura b – Tela de seleção da pasta de instalação

d) Será exibida a tela de seleção do grupo no "Menu Iniciar" onde deve ser criado o atalho do RedeMB5 (padrão: Kron). Após a seleção do grupo, clique em Next para continuar.

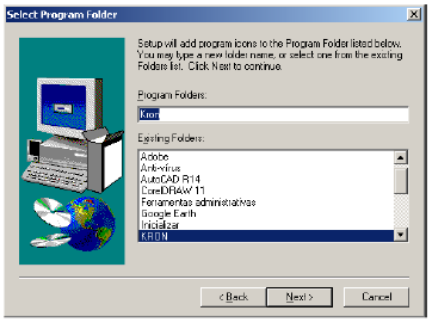


Figura c – Tela de seleção do grupo de atalhos

e) Será exibida uma tela com a confirmação de todos as opções selecionadas. Confirme a seleção das opções clicando em **Next**.

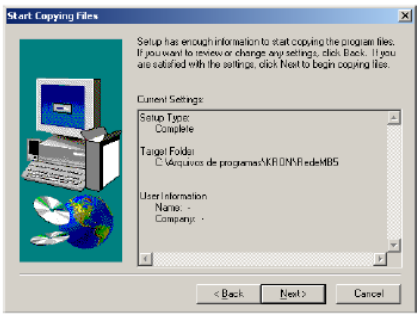


Figura d – Tela de confirmação das opções selecionadas

f) Será iniciada a cópia dos arquivos, conforme a figura 6. Após o termino da cópia dos arquivos, será exibida uma mensagem de sucesso. Confirme a opção de reiniciar o PC clicando em **Finish**.

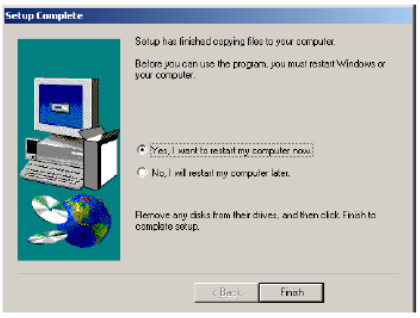


Figura e – Tela de encerramento da instalação

Passo a passo – Utilização:

a) Após o computador ser reiniciado, acesse o RedeMB5 por meio do atalho criado no "Menu Iniciar".

b) Será solicitada uma senha para acesso do software, conforme a figura 7. A senha padrão de fábrica é **kron**. Entre com a senha e clique em **OK** para iniciar o RedeMB5.

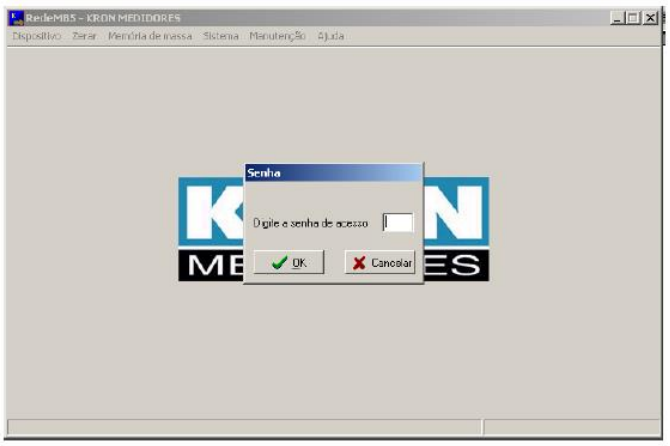


Figura f – Tela de abertura do RedeMB5

c) Na primeira inicialização do RedeMB5 será necessário realizar a programação da interface serial do PC, compatibilizando velocidade e formato de dados com os programados no medidor (vide tabela 1) e clicando em **OK** para continuar.

Figura g – Configuração da porta serial

NOTA: O **Mult-K C** sai de fábrica parametrizado com a velocidade de 9600bps e formato de dados 8N2.

Caso a porta serial seja inicializada com sucesso, será exibida a seguinte tela:

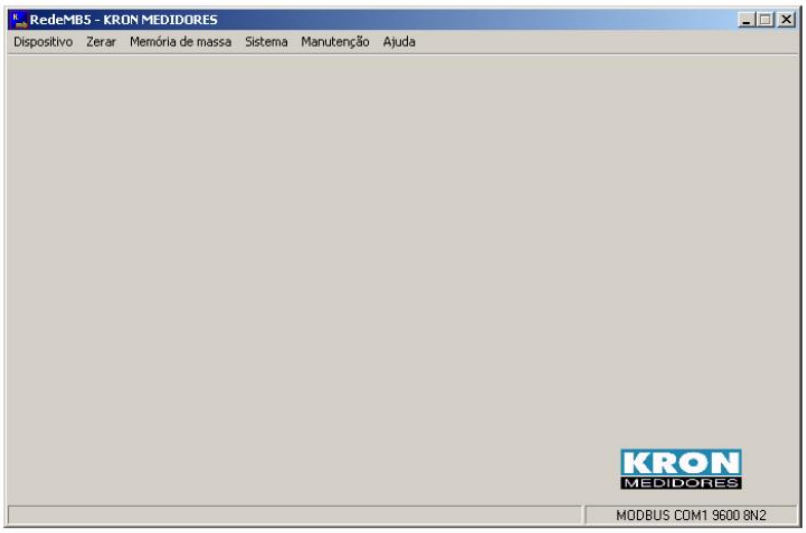


Figura h – Tela principal

d) Para adicionar o primeiro multimedidor, selecionar a opção **Dispositivo / Adicionar**. Será exibida a tela de adição de instrumento, devendo-se clicar em **Adicionar** após o preenchimento dos dados:

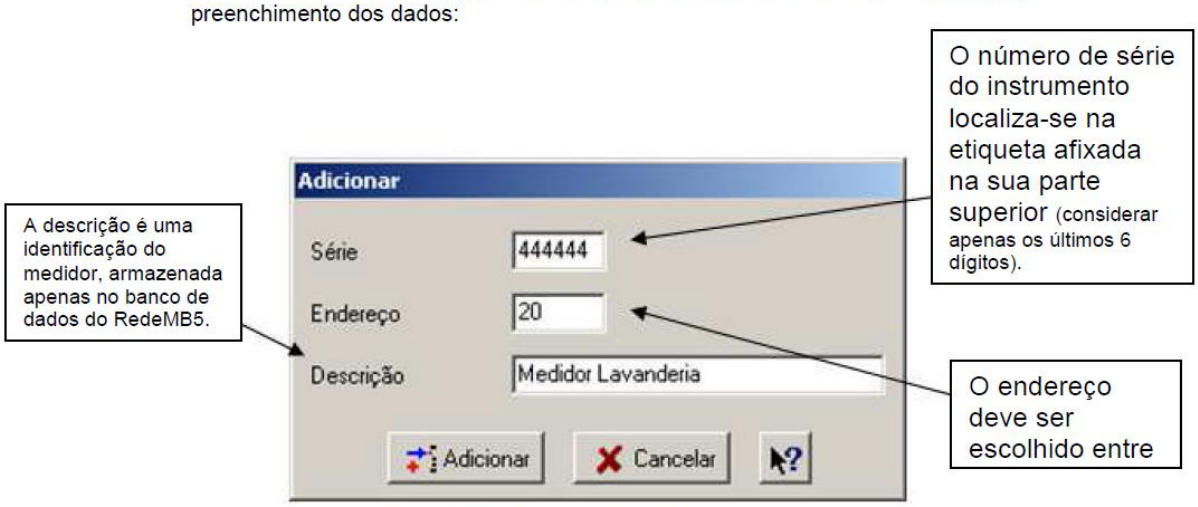


Figura i – Tela de adição de instrumento

e) Após realizar a adição do multimedidor, o mesmo constará na lista de medidores e será possível ler suas informações e realizar a parametrização:

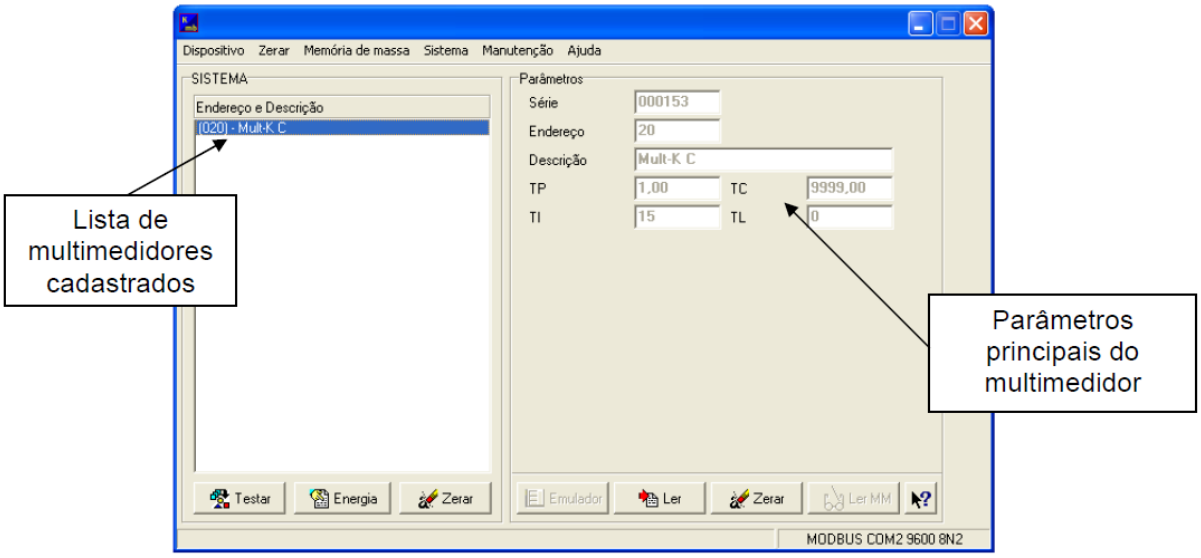
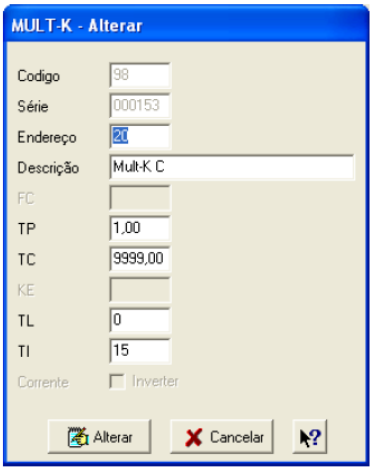


Figura j – Tela principal após a adição de um multimedidor

f) Para realizar a configuração dos parâmetros TP, TC, TL e TI, basta clicar com o botão direito sobre o multimedidor na lista de instrumentos cadastrados e selecionar a opção **Alterar**. Após alterar convenientemente os valores, clique no botão **Alterar**, sendo que o multimedidor será reinicializado.



- Endereço
- Descrição
- TP = 1 (não existe TP)
- TC = 200 (1000/5A)
- KE/PEnE = 0 (não existe saída de pulsos)
- TL = 0 (sistema trifásico estrela)
- TI = 15 (integração de demanda de 15 minutos)

Figura k – Tela de configuração das constantes principais

<u>**NOTA**</u>: sempre que os parâmetros TP, TC ou TL forem alterados, o **Mult-K C** automaticamente irá zerar todos os registros do totalizador de energia e demanda.

g) Com o multimedidor corretamente configurado, podemos realizar a leitura dos parâmetros instantâneos e dos registros de medição de consumo. Para isto, basta retornar a tela principal, selecionar o multimedidor e clicar em **Ler**.

Ativando-se a comunicação (por meio da chave liga-desliga ou pelas teclas ***Ctrl + O***), são lidas todas as medições instantâneas e dos totalizadores.

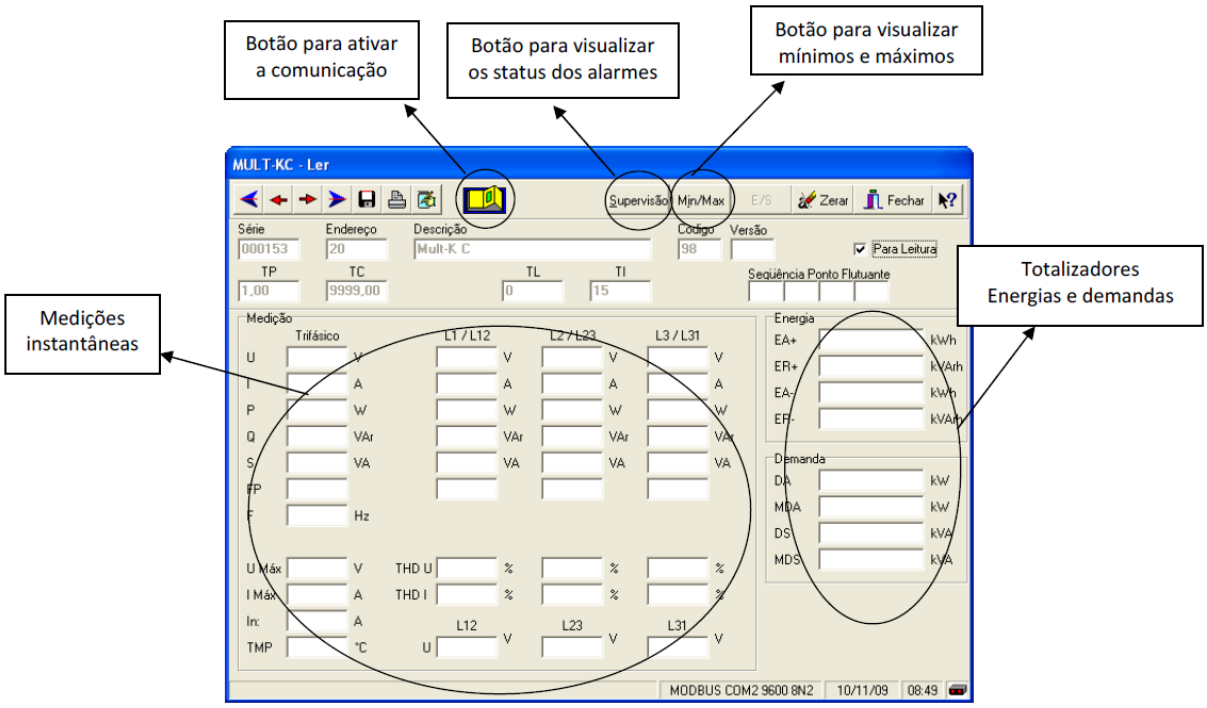


Figura I – Tela de leitura dos parâmetros instantâneos e dos totalizadores

Programação do sistema de supervisão – Via REDEMB

a) Na tela principal do software REDEMB, clicar com o botão direito no Mult-K C o qual deseja programar, e em seguida clicar em "Programação da Supervisão" ou então selecione a opção **Dispositivo / Programação da Supervisão**

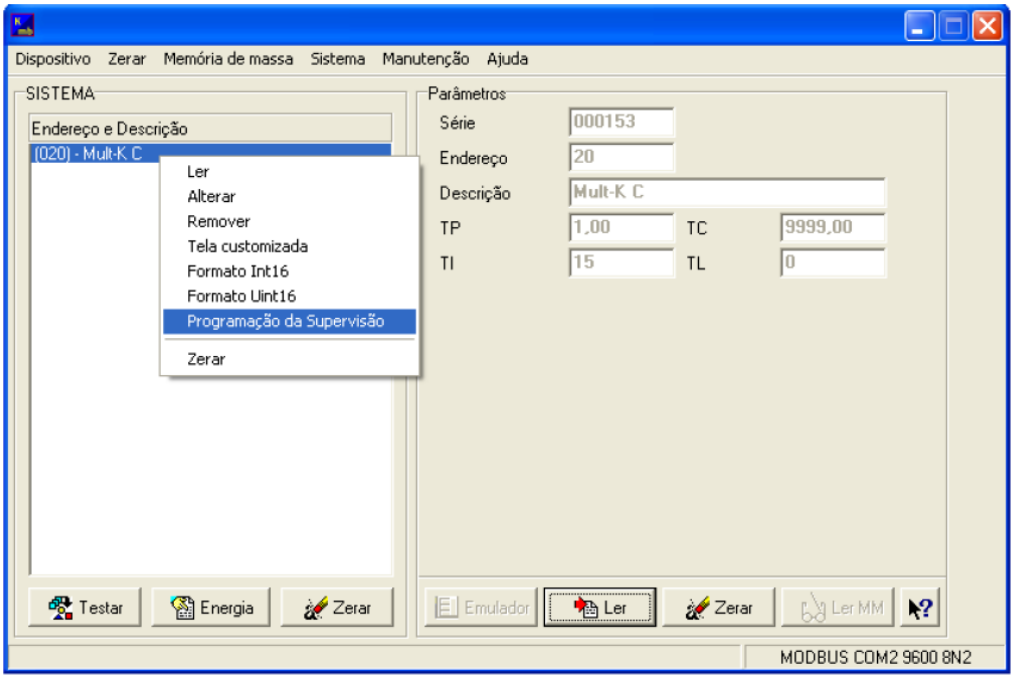
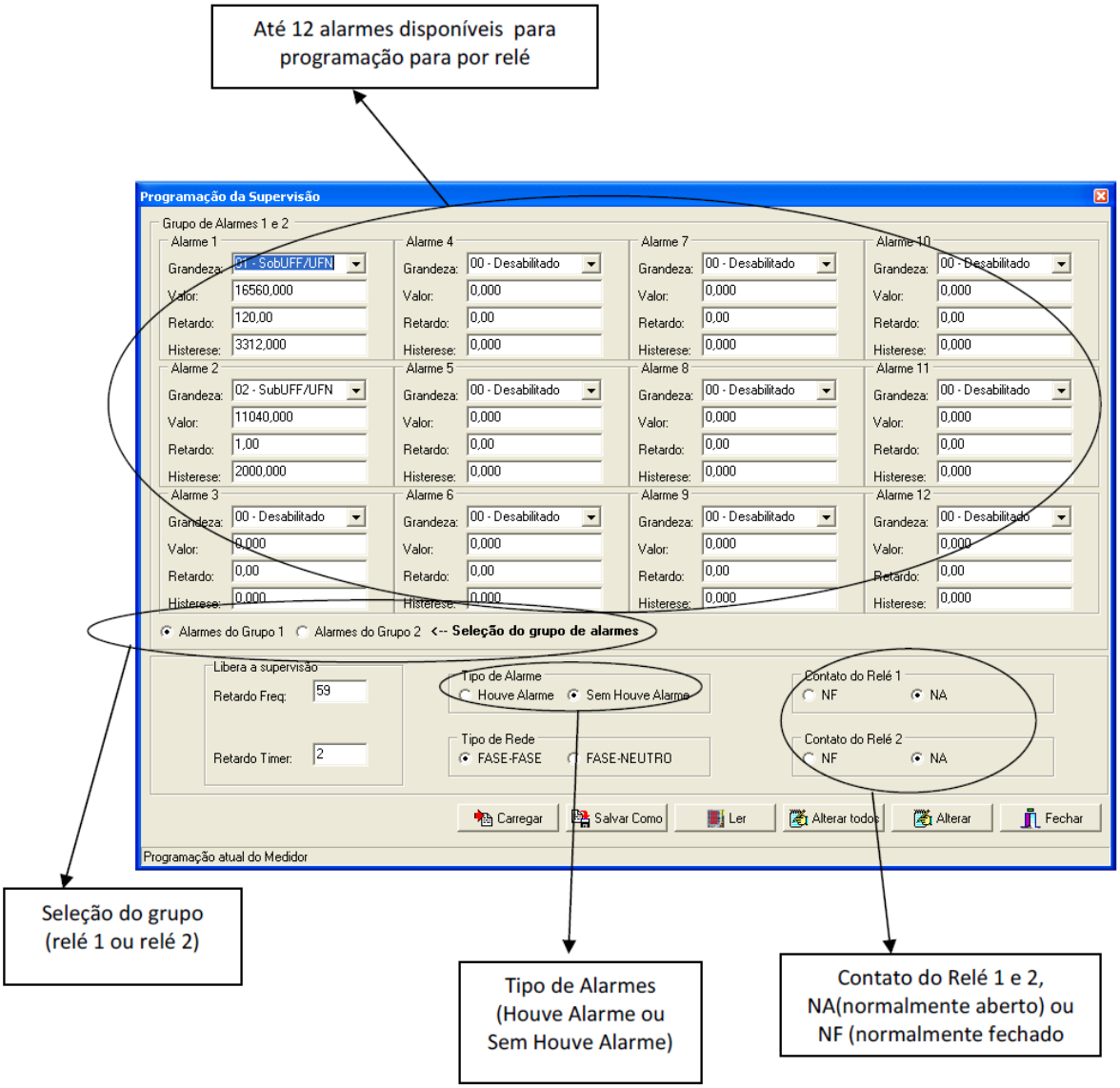


Figura m – Tela de acesso ao modo programação

Tela da Programação da Supervisão:



Função dos botões:

Carregar: com esta opção é possível carregar uma programação salva anteriormente

Salvar Como: possibilita salvar a programação atual

Ler: efetua a leitura da programação atual do Mult-K C

Alterar todos: Possibilita enviar a programação para **todos** Mult-K C disponíveis na rede (Broadcast).
OBS.: Cuidado com esta opção, pois ao clicar irá substituir todas as programações de todos os Mult-K C da rede para a mais atual efetuada nesta tela.

Alterar: Possibilita enviar a programação somente para este Mult-K C de acordo com as programações dos alarmes efetuadas nesta tela de programação.

Fechar: Sai do modo de programação da supervisão

Protocolo Aberto

Os multimedidores da família **Mult-K** realizam sua comunicação por meio do protocolo MODBUS-RTU, permitindo que, além dos softwares disponibilizados pela KRON, o mesmo se comunique com CLPs, sistemas supervisórios e qualquer outra aplicação que utilize o protocolo MODBUS-RTU.

Para obtenção do *Mapa de Registros* do multimedidor, faça sua solicitação junto ao nosso *Suporte Técnico*.

Solução de problemas

O intuito deste capítulo é apresentar respostas rápidas a problemas ou dúvidas que freqüentemente surgem na utilização do **Mult-K C.** Persistindo as dúvidas, sinta-se a vontade para contatar nosso *Suporte Técnico*.

1. *O medidor está com o display apagado.*

Solução:

Verifique:

- A conexão de alimentação externa foi feita de forma correta? O borne de alimentação externa é um borne de três posições, localizado no canto inferior esquerdo do multimedidor. A alimentação deve ser feita conforme a identificação do painel;
- A tensão que está chegando ao multimedidor está adequada para seu funcionamento? Para todas as alimentações, exceto fonte TOP e fonte 12Vcc, o valor tem de estar entre 80 e 120% do valor nominal. Por exemplo, caso a tensão nominal seja de 24Vcc, a tensão que chega ao medidor tem de estar entre 19,2Vcc e 28,4Vcc;
- A polaridade (+ e -) está correta? Em fontes de corrente contínua (exemplo: 12, 24 e 48 Vcc) a mesma deve ser respeitada;

Se após todas as verificações constatar-se que a ligação está correta, entre em contato com nosso suporte técnico. Caso o medidor tenha sido alimentado de forma incorreta (por exemplo, 220Vca ao invés de 110Vca), o mesmo pode ter sido danificado.

2. *O medidor acende apenas o backlight e não indica valores no display.*

Solução:

Este é um típico caso onde a alimentação está abaixo do valor nominal do medidor. O procedimento de verificação é o mesmo do item 1.

3. *O medidor não está medindo demanda, embora os valores de fator de potência e potência estejam coerentes*

Solução:

Verifique se os TCs (transformadores de corrente) não estão invertidos, isto é, se o fluxo de corrente não está ao contrário do que deveria ser. Note que os TCs têm uma marcação P1/P2 referentes ao primário e S1/S2 referentes ao secundário. Quando houver corrente passando de P1 para P2, haverá, no secundário, corrente passando de S1 para S2.

Assim sendo, o posicionamento incorreto do primário, ocasionará uma medição de potência ativa negativa, impossibilitando o cálculo da demanda.

Outro ponto a ser verificado é se a constante TI está programada com valor maior do que zero.

4. Uma das fases está zerada.

Solução:

Verifique qual foi o TL (tipo de ligação) parametrizado. O instrumento sai de fábrica parametrizado como TL 00 (Estrela – 3 elementos 4 fios), no entanto este parâmetro pode ser alterado. Verifique também, através de outro instrumento ex. multímetro, se efetivamente existe sinal chegando ao multimedidor.

5. A medição de tensão e/ou corrente está incorreta

Solução:

Verifique:

- As constantes TC (transformador de corrente) e TP (transformador de potencial) foram parametrizadas corretamente?
- O esquema de ligação foi escolhido de forma adequada?
- A tensão e ou corrente que está chegando ao medidor está de acordo com o esperado?

6. Ao tentar programar o sistema de supervisão, alguns parâmetros não ficam salvos, retornando o valor anteriores.

Solução:

Verifique se os valores estão dentro dos limites de cada parâmetro, pois caso o valor não fique salvo, significa que não é valido para aquele registro.

Levar em consideração os seguintes dados:

Retardo – Respeitar a faixa de operação que é de 0,4 a 120 segundos.
Histerese – Levar em consideração 20% do valor programado, ou seja, para o valor programado de 16.560 Vc.a. o maior valor a ser configurado neste campo é 3312 Vc.a.

Obs: Sempre que os valores inseridos são incorretos, o campo não é atualizado.

Solução de problemas – Interface RS-485

Neste tópico não iremos tratar a solução de problemas relativos à interface RS-485 da forma pergunta/resposta, por acreditarmos que os procedimentos abaixo descritos sejam genéricos e aplicáveis a maioria dos casos onde existem problemas na comunicação dos multimedidores.

Um problema de comunicação, normalmente, é ocasionado por:

Rede instável

O aterramento da linha de comunicação em dois pontos, por exemplo, é um freqüente ocasionador de intermitência na comunicação dos medidores. Uma rede do tipo "nó" ao invés de "ponto-a-ponto" também ocasiona perda da qualidade do sinal e, muitas vezes, a impossibilidade da comunicação dos instrumentos.

Verifique se não existem cabos com alta tensão ou de altos valores de corrente próximos aos cabos da comunicação, em especial se não está sendo utilizado um cabo blindado. O campo eletromagnético gerado por tais cabos pode interferir na comunicação dos medidores.

Um ponto que sempre vale a pena ser lembrado é a possibilidade de maus contatos, através de emendas ou outros tipos de conexões. Sempre, ao realizar emendas ou conectar "terminais" nos fios da comunicação, prefira a solda ao simples contato físico.

Ligação incorreta

Lembre-se que o sinal da comunicação tem polaridade (DATA+ e DATA-). A inversão dos mesmos na conexão dos medidores ao CLP ou dos medidores ao conversor ocasiona a impossibilidade de comunicação.

Má parametrização do mestre/escravo

Verifique, segundo os passos abaixo, a compatibilização entre mestre/escravo:

1. Mestre (CLP ou PC) e o escravo (medidor) comunicam sob o mesmo protocolo?
2. Os dois possuem a mesma velocidade de comunicação?
3. Os dois possuem o mesmo formato de bits?
4. A interface entre o mestre e o escravo, normalmente um conversor RS-232/RS-485, está compatibilizada em termos de velocidade/formato de bits?
5. O escravo está parametrizado com o endereço que o mestre está buscando?

Após o estudo e análise destes itens, caso não se obtenha sucesso na comunicação da rede RS-485, recomenda-se uma tentativa de conexão isolada do medidor, de forma a detectar parâmetros/endereço incorretos, ou ainda se certificar se o problema é no medidor ou na infra-estrutura de rede. A comunicação isolada do medidor pode ser feita através do software **RedeMB5** (capítulo *Software*).

Apêndice A – Fórmulas utilizadas

Internamente, para o cálculo das grandezas elétricas, A linha **Mult-K** utiliza as seguintes fórmulas:

- **Tensão RMS por fase**

$$Vrms = \sqrt{\sum_{1}^{n} (Vi)^2 / n}$$

- **Corrente RMS por fase**

$$Irms = \sqrt{\sum_{1}^{n} (Ii)^2 / n}$$

- **Potência Ativa por fase**

$$P = \sum_{1}^{n} (Vi \times Ii) / n$$

- **Potência Aparente por fase**

$$S = Vrms \times Irms$$

- **Potência Reativa por fase**

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2}$$

- **Fator de Potência por fase**

$$FP = P/S$$

- **Tensão Trifásica (DELTA)**

$$V\phi = \frac{V12 + V23 + V31}{3}$$

- **Tensão Trifásica (ESTRELA)**

$$V\phi = \frac{V1N + V2N + V3N}{3} \times \sqrt{3}$$

- **Potência Ativa Trifásica**

$$P\phi = P1 + P2 + P3$$

- **Potência Reativa Trifásica**

$$Q\phi = Q1 + Q2 + Q3$$

- **Potência Aparente Trifásica**

$$S\phi = \sqrt{P\phi^2 + Q\phi^2}$$

- **Corrente Trifásica**

$$I\phi = \frac{S\phi}{V\phi \times \sqrt{3}}$$

- **Fator de Potência Trifásico**

$$FP\phi = \frac{P\phi}{S\phi}$$

Apêndice B – Glossário

Este capítulo possui breves explicações à cerca dos termos técnicos utilizados neste manual, inclusive em relação a nomenclaturas e abreviações utilizadas nos produtos **KRON**.

Alimentação Auxiliar ou Alimentação Externa	É uma tensão utilizada para energizar internamente o equipamento, isto é, fazer funcionar seus circuitos internos.
BaudRate	É a velocidade em que um determinado instrumento se comunica com outro. Quanto maior este valor, mais rápida a comunicação.
Faixa de Medição	Faixa de valores na qual o instrumento realiza suas medições com as precisões informadas no capítulo *Características Técnicas*. Fora destas faixas, as medições são realizadas desde que os valores estejam dentro dos *Limites de Indicação*, porém com erro maior.
MODBUS-RTU	Protocolo de comunicação do **Mult-K C**. É um protocolo desenvolvido pela MODICON® e permite que os dados da interface serial do multimedidor sejam lidos por sistemas de automação. É o "idioma" falado pela interface serial.
Paridade	É uma função utilizada para marcação de uma determinada mensagem enviada por um instrumento. Pode não existir (N – NONE), ser par (O – ODD) ou ímpar (E – EVEN).
Protocolo de Comunicação	É a "língua" falada pela interface serial do medidor. Ao realizar a automação de um sistema, é necessário que o mestre e o escravo falem a mesma língua, isto é, utilizem o mesmo protocolo. Para o **Mult-K C**, é utilizado o protocolo MODBUS-RTU.
RedeMB5	Software fornecido pela **KRON** para leitura e parametrização dos produtos da linha **Mult-K** .
RS-232	É o tipo de interface serial que a maioria dos microcomputadores possui. Para poder utilizar o microcomputador como mestre do **Mult-K C**, é necessário um conversor apropriado, com a função de converter de RS-232 ou USB para RS-485.
RS-485	É um tipo de interface serial. É por meio desta interface que o **Mult-K C** disponibiliza as medições efetuadas.
Stop Bits	É a quantidade de bits de parada que um determinado instrumento transmite ao finalizar o envio de uma mensagem. Um equipamento normalmente ou é 1 stop bit ou é 2 stop bits.
TP	Transformador de Potencial. É um transformador utilizado para adequar e/ou isolar a tensão do circuito principal do circuito de medição.
TC	Transformador de Corrente. É um transformador utilizado para adequar e/ou isolar a corrente de do circuito principal do circuito de medição.
THD ou DHT	*Total Harmonic Distorsion* ou *Distorção Harmônica Total*. É um valor expresso em porcentagem da freqüência fundamental do sinal, que indica o quão distorcido está este sinal.
TI	Tempo de Integração. É uma constante interna que define a cada quantos minutos deve ser calculado o valor de demanda.
TL	Tipo de Ligação. É uma constante interna que define qual o tipo de circuito que está sendo medido, se monofásico, bifásico ou trifásico.
TRUE RMS	Tipo de medição onde é levada em consideração a distorção presente em uma determinada forma de onda. Considerando que a maioria dos sistemas industriais possui cargas não lineares, é imprescindível que, para uma leitura coerente, o instrumento seja dotado desta característica. O **Mult-K C** realiza medições TRUE RMS e, informa, através do *THD*, qual o nível de distorção harmônica presente no sinal.

Apêndice C – Medição de THD

A fórmula utilizada pelo **Mult-K C** para o cálculo do THD é:

$$THD_{IEEE*} = 100 \text{ x } \frac{\sqrt{\sum_{i=2}^{31} Vi^2}}{V1}$$

Onde:
V1 – Magnitude da Fundamental
V*i* = Magnitude da harmônica de ordem *i*

O cálculo do THD é feito em um ciclo do tipo retangular, sendo consideradas tanto as harmônicas pares quanto as ímpares. Para o cálculo do THD é utilizado da 2ª a 31ª harmônica.

A freqüência da fase R é a utilizada para se definir a freqüência fundamental do sistema. Em caso de falta de tensão na fase R, é considerada uma freqüência fixa de **50** ou **60Hz**, conforme especificado em pedido.

Faixa de freqüência da fundamental: 44 a 72Hz
Pontos por ciclo: 64

Algoritmos utilizados para cálculo da FFT:

- Cooley-Tukey Radix-2
- Decimation in Frequency
- Single Butterfly

Tempo de atualização: 1200ms

Limites:
Abaixo de 10Vc.a. e 20mAc.a. será mostrado o valor 0.00.

Em caso de um THD maior do que 100%, será mostrado o valor 100 de forma intermitente (piscando).

Precisão:

THD entre 0 e 10%: (1,5 + 0,05 do F.E.)%
THD entre 10 e 20%: (2,0 + 0,1 do F.E.)%
THD entre 20 e 30%: (2,2 + 0,1 do F.E.)%

Faixa efetiva de medição:

Tensão: 57,73 à 288,675Vca
Corrente: 0,5 à 6Aca

Exemplos de cálculo da precisão:

Leitura de THD de 15,0% na tensão com valor RMS de 130Vca:

$$Erro = (2 + \frac{0{,}1x288{,}675}{130})[\%]$$

$$Erro = 2{,}23\%$$

Isto é, o valor verdadeiro do THD estará entre 12,77% (15 – 2,23) e 17,23% (15 + 2,23).

Leitura de THD de 23,0% na corrente com valor RMS de 3,21Aca:

$$Erro = (2{,}2 + \frac{0{,}1x6}{3{,}21})[\%]$$

$$Erro = 2{,}39\%$$

Isto é, o valor verdadeiro do THD estará entre 20,61% (23,0 – 2,39) e 25,39% (23,0 + 2,39).

** Para o cálculo do THD é utilizada a formula definida pela IEEE 1159/1995*

ANEXO F

USB-i485

Conversor USB ↔ RS485/RS422

MANUAL DE INSTRUÇÕES

INTRODUÇÃO

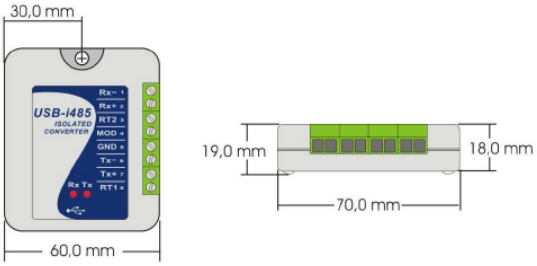
O conversor **USB-i485** é a solução rápida e segura para a interface entre o PC e barramentos de comunicação industrial RS485 ou RS422. Ao ligar o **USB-i485** à porta USB de um PC, ele é automaticamente detectado e instalado como uma porta COM nativa, compatível com qualquer aplicativo existente de comunicação serial. Múltiplos conversores podem ser instalados utilizando hubs USB, permitindo a fácil configuração de um sistema multi-serial, sem qualquer preocupação com configurações de IRQ ou DMA.

A isolação de 1500 Vcc entre as portas USB e RS485 / RS422 protege o computador dos picos, surtos e erros de ligação no barramento de comunicação.

ESPECIFICAÇÕES

O **USB-i485** pode ser configurado para ligação em redes RS422, RS485 a 4 fios (Full Duplex) ou RS485 a 2 fios (Half Duplex). Quando operando em RS485 a 2 fios, o controle do fluxo de dados é automaticamente controlado pelo conversor. Dois barramentos RS485 a 2 fios podem ser ligados ao conversor, duplicando o número de dispositivos remotos que podem ser instalados.

- Interface com o computador: USB V1.1 Plug and Play.
- Driver de porta serial virtual para sistemas operacionais: Windows7/Vista/XP/2008Server/2003Server/98/ME/2000/CE, MAC e Linux 2.4.20 ou superior.
- Interfaces de campo: RS485 Half Duplex (dois barramentos), RS485 Full Duplex ou RS422.
- Seleção RS485 / RS422 por jumper.
- Controle de fluxo automático para RS485 Half Duplex.
- Resistores de terminação internos (120 Ω), habilitados por jumper.
- Taxa de comunicação: 300 bps a 250 kbps.
- Comprimento máximo dos cabos RS485 / RS422: 1200 m.
- Número máximo de dispositivos na rede RS485 (considerando dispositivos com carga unitária – 12 kΩ):
  Half Duplex: 2 x 32 dispositivos.
  Full Duplex: 32 dispositivos.
- LEDs indicadores de transmissão e recepção de dados.
- Alimentação: Pelo barramento USB. Consumo <100 mA.
- Isolação: 1500 Vcc (1 minuto) entre a interface USB e a interface RS485 / RS422.
- Proteção no barramento RS485 / RS422: ± 60 Vcc, 15 kV ESD.
- Conexão USB: Conector Mini-B. Acompanha cabo de 1,5 m com Plugs Mini-B e A.
- Conexão RS485 / 422: Conector para fios até 1,5 mm² (16 AWG).
- Ambiente de operação: 0 a 50 ℃, 10 a 90 % UR sem condensação.
- Alojamento: em ABS com 70 x 60 x 18 mm



INSTALAÇÃO DO DRIVER USB

As etapas de instalação apresentadas podem variar de PC para PC, mesmo para uma mesma versão do sistema operacional. As etapas e telas apresentadas a seguir são apenas orientativas.

WINDOWS 98 / ME / 2000

1. Insira o CD que acompanha o **USB-i485** na unidade de CD-ROM.
2. Conecte o conversor à porta USB do PC. O Windows® irá reconhecer a presença do novo hardware e após alguns instantes irá apresentar a tela do assistente de instalação. Clique em "Avançar".
3. Selecione a opção "Procurar o melhor driver para seu dispositivo (recomendável)" e clique em "Avançar".
4. Marque a opção "Unidade de CD-ROM". Caso os arquivos de instalação não estejam em um CD, marque a opção "Especificar um local" e indique o caminho para os arquivos. Clique em "Avançar".
5. O assistente apresenta uma tela informando que está pronto para instalar o driver. Clique em "Avançar".
6. Os arquivos do driver do **USB-i485** serão copiados para o computador e após alguns instantes será apresentada uma tela informando que o assistente terminou a instalação do software para o conversor. Clique em "Concluir".
7. Em algumas situações, as etapas acima podem se repetir uma segunda vez.

Em utilização posterior do **USB-i485** é possível que o Windows® solicite novamente a instalação do driver. Neste caso, o mesmo assistente será apresentado. Repita os passos anteriores, mas não marque nenhuma opção na etapa 4, uma vez que os arquivos dos drivers já estão em seu computador.

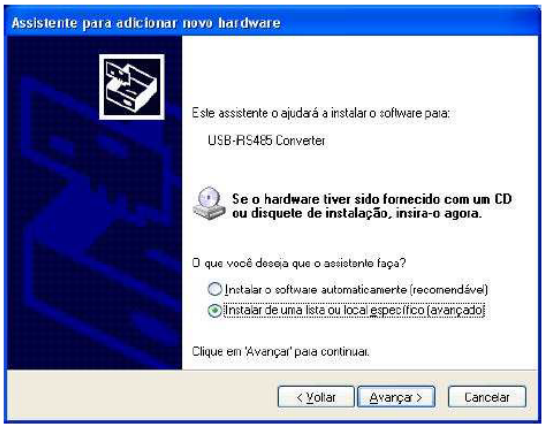
Na figura a seguir são apresentados exemplos das telas do assistente de instalação para Windows 98. Para Windows ME e Windows 2000, a aparência destas telas é diferente, mas o conteúdo é essencialmente o mesmo.

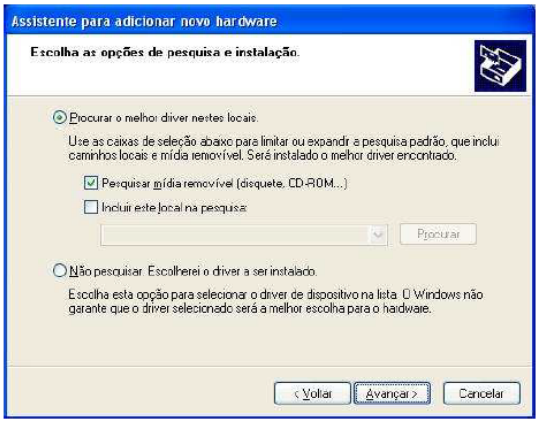
WINDOWS XP

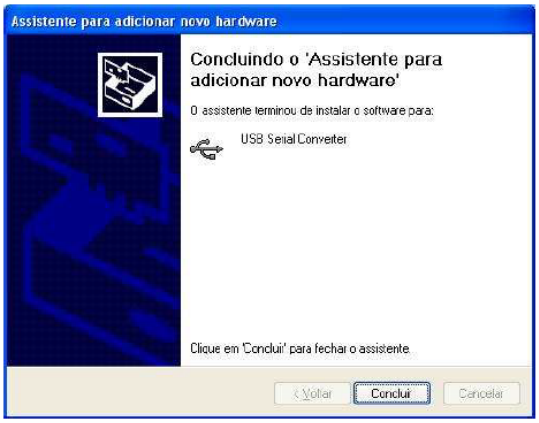
1. Insira o CD que acompanha o **USB-i485** na unidade de CD-ROM.
2. Conecte o conversor à porta USB do PC. O Windows® irá reconhecer a presença do novo hardware e após alguns instantes irá apresentar a tela do assistente de instalação.
3. O assistente de instalação de um novo hardware será apresentado, perguntando se o driver deve ser instalado a partir do site Windows Update. Selecione a opção "Não, não agora" e selecione Avançar.
4. Selecione a opção "Instalar de uma lista ou local específico (avançado)" e clique em "Avançar".
5. Selecione a opção "Procurar o melhor driver nestes locais" e marque a opção "Pesquisar mídia removível". Clique em "Avançar". Caso os arquivos de instalação não estejam em um CD, marque a opção "Incluir este local na pesquisa" e indique o caminho para os arquivos.
6. Se for apresentada uma tela informando sobre a não compatibilidade com o Windows® XP, clique em "Continuar assim mesmo".
7. Os arquivos do driver do **USB-i485** serão copiados para o computador e após alguns instantes será apresentada uma tela informando que o assistente terminou a instalação do software para o conversor. Clique em "Concluir".
8. Em algumas situações, as etapas acima podem se repetir uma segunda vez.

Em utilização posterior do **USB-i485** é possível que o Windows® solicite novamente a instalação do driver. Neste caso, o mesmo assistente será apresentado. Repita os passos anteriores, selecionando a opção "Instalar o sofware automaticamente (recomendável)", uma vez que os arquivos dos drivers já estão em seu computador.

Na figura a seguir são apresentados exemplos das telas do assistente de instalação.







LINUX

A partir da versão 2.4.20, o kernel já inclui o driver necessário ao funcionamento do conversor.
Ao conectar o aparelho no computador, os seguintes módulos deverão estar presentes na lista de módulos carregados (eles devem existir na lista de módulos do kernel):

- ftdi_sio (driver específico do equipamento)
- usbserial (driver genérico de conversão USB-Serial)
- usbcore (driver base para dispositivos USB)

MAC

Consulte documentação incluída no CD que acompanha o conversor.

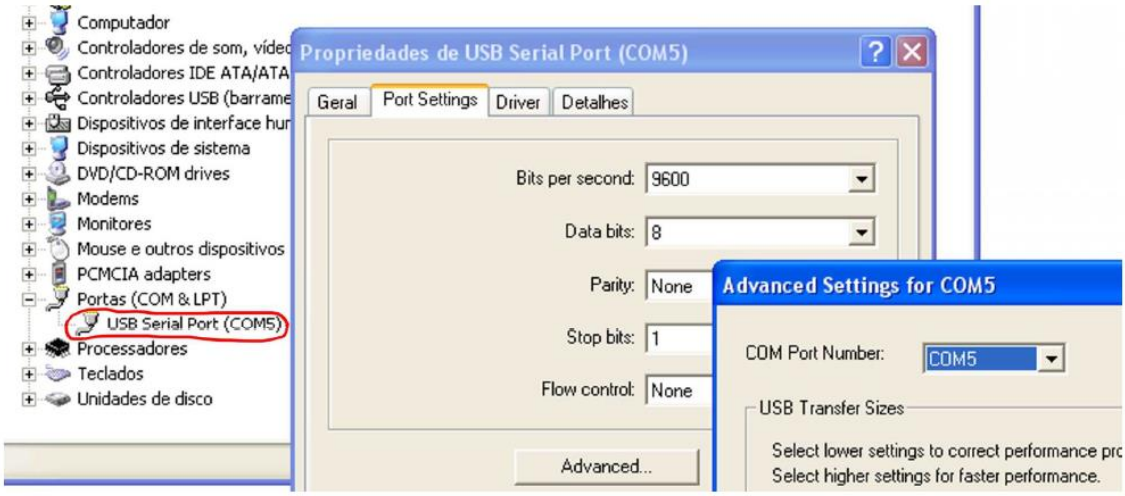
DETERMINAÇÃO E SELEÇÃO DA PORTA SERIAL (COM) – WINDOWS

A porta serial associada ao conversor **USB-i485** é automaticamente determinada pelo sistema operacional alguns instantes após a conexão do conversor. O usuário pode facilmente identificar ou alterar a porta COM associada ao conversor em:

Painel de Controle / Sistema / Hardware / Gerenciador de Dispositivos / Portas COM & LPT

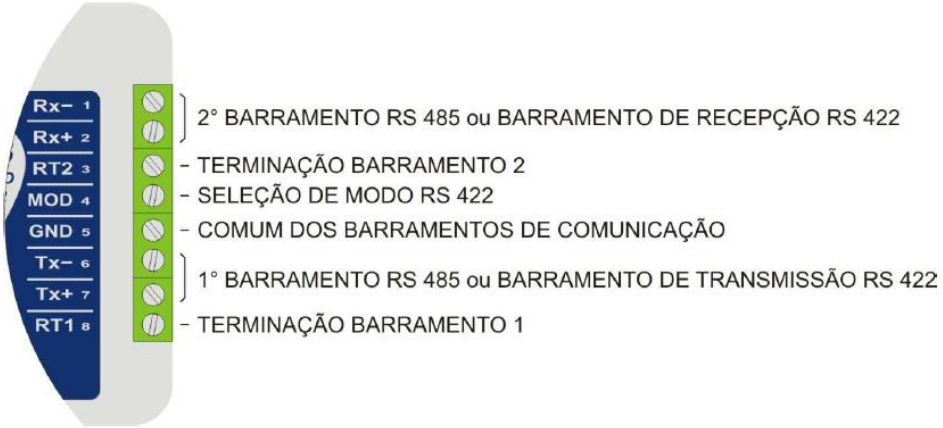
Selecione o dispositivo "USB Serial Port" correspondente ao conversor **USB-i485** e clique em "Propriedades". Selecione a aba "Port Settings" e clique no botão "Advanced". Na lista "COM Port Number", selecione a porta serial que deve ser associada ao conversor USB. Algumas portas seriais podem estar marcadas em uso (In Use). Somente selecione uma destas portas caso tenha certeza de que a mesma não esteja sendo usada por outro periférico do seu computador.

Em algumas situações as portas seriais podem ficar marcadas como em uso mesmo quando o dispositivo associado não está mais instalado no computador. Neste caso é seguro associar esta porta ao conversor USB. A figura a seguir apresenta a visão do gerenciador de dispositivos contendo um conversor **USB-i485**, e as telas de propriedades onde pode ser redefinida a porta COM associada.



CONEXÕES

As conexões do dispositivo são efetuadas conforme o tipo de rede que se deseja implementar: RS422, RS485 a 2 fios ou RS485 a 4 fios. A figura a seguir descreve os terminais do conversor **USB-i485**.



Para ligação dos barramentos de comunicação entre o conversor e todos os dispositivos da rede, utilizar cabo tipo par trançado e malha de blindagem aterrada e/ou conectada aos terminais 'Comum' de todos os dispositivos da rede. A bitola mínima recomendada para os condutores de comunicação é 24 AWG (0,2 mm^2).

A adoção de um condutor adicional para interligação do comum de todos os dispositivos da rede é altamente recomendada. A não observância desta recomendação pode resultar na queima dos circuitos de comunicação de um ou mais equipamentos da rede

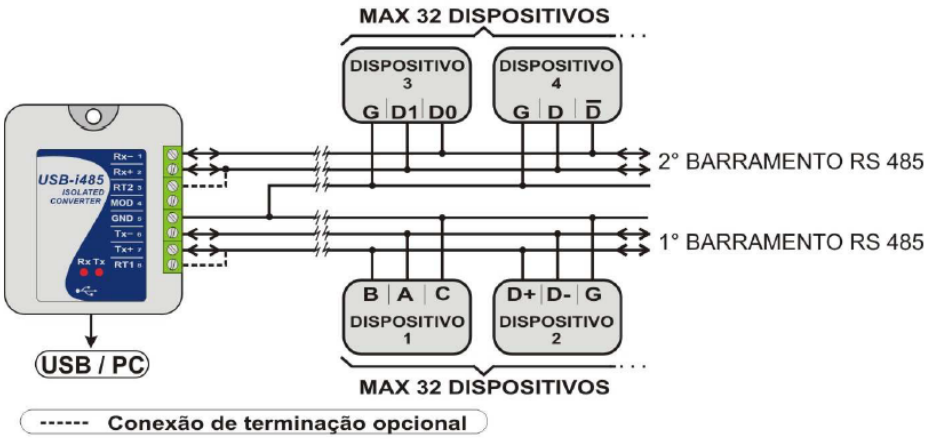
Equipamentos RS485 ou RS422 de diferentes fabricantes e modelos identificam de forma distinta os terminais de comunicação. Na tabela a seguir estão mostradas as equivalências dos termos mais comuns.

IDENTIFICAÇÃO NO USB-i485	Rx+ ou Tx+	Rx- ou Tx-
IDENTIFICAÇÕES MAIS POPULARES PARA RS485 E RS422	D	$\overline{D}$
	D1	D0
	B	A
	D+	D-

RS485 HALF-DUPLEX (2 FIOS)

Para operação neste modo, o terminal MOD (pino 4) deve ser deixado sem conexão.

Esta é a forma mais popular de utilização da RS485. Um único par de fios é utilizado para transmissão e recepção de dados. Múltiplos dispositivos são ligados na forma de um barramento, conforme ilustra a figura a seguir. Diferentes dispositivos RS485 utilizam diferentes notações para indicar a forma correta de ligação do par diferencial de comunicação. Na figura a seguir são apresentadas algumas das notações utilizadas, e a forma correta de ligação ao conversor em cada caso. Dispositivos RS485 podem ser conectados a qualquer um dos 2 barramentos do conversor.



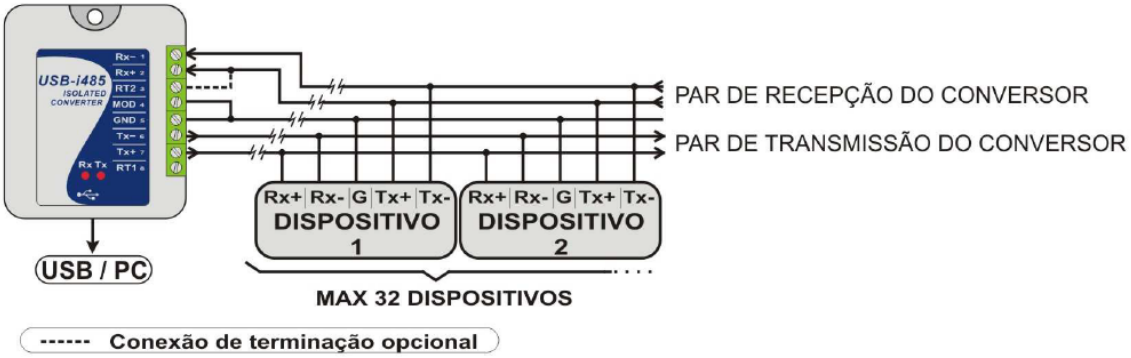
O terminal comum (GND – pino 5) deve ser interligado aos terminais correspondentes de cada dispositivo, para garantir o equilíbrio de tensão entre os dispositivos. Caso o condutor comum não seja instalado entre todos os dispositivos, todos devem ser adequadamente aterrados segundo as recomendações do fabricante de cada equipamento da rede. Neste caso, o terminal comum (GND – pino 5) do conversor deve ser aterrado.

A necessidade de utilização de resistores de terminação depende do comprimento total do barramento de comunicação e da velocidade de comunicação utilizada. O conversor **USB-i485** tem resistores de terminação internos, que podem ser ligados pela inclusão das ligações apresentadas em pontilhados na figura anterior. Para mais informações sobre resistores de terminação, consulte o documento *Conceitos Básicos de RS485 e RS422*, disponível no CD que acompanha o produto para download.

RS485 FULL-DUPLEX (4 FIOS)

Para operação neste modo, o terminal MOD (pino 4) deve ser interligado ao terminal GND (pino 5).

Nesta forma de ligação são utilizados dois pares de fios para a comunicação. Por um par de fios trafegam os dados transmitidos no sentido Conversor→Dispositivos da rede (par de transmissão do conversor) e pelo outro par os dados transmitidos no sentido Dispositivos da rede→Conversor (par de recepção do conversor). Múltiplos dispositivos são ligados na forma de um barramento, conforme ilustra a figura a seguir.



O terminal comum (GND – pino 5) deve ser interligado aos terminais correspondentes de cada dispositivo, para garantir o equilíbrio de tensão entre os dispositivos. Caso o condutor comum não seja instalado entre todos os dispositivos, todos devem ser adequadamente aterrados segundo as recomendações do fabricante de cada equipamento da rede. Neste caso, o terminal comum (GND – pino 5) do conversor deve ser aterrado.

A necessidade de utilização de resistores de terminação depende do comprimento total do barramento de comunicação e da velocidade de comunicação utilizada. O conversor **USB-i485** tem resistor de terminação interno, que pode ser ligado pela inclusão da ligação apresentada em pontilhados na figura anterior. Para mais informações sobre resistores de terminação, consulte o documento *Conceitos Básicos de RS485 e RS422*.

RS422

A ligação já descrita para a RS485 full-duplex (4 fios) atende e supera as especificações da interface RS422. Utilize esta forma de ligação para aplicar o **USB-i485** em um sistema de comunicação RS422.

CONFLITOS COM OUTROS PERIFÉRICOS USB NO WINDOWS

Em alguns casos a instalação do driver USB para o conversor **USB-i485** pode causar conflito com outros periféricos USB do computador (mouse ou outros dispositivos Serial/USB, por exemplo). Neste caso, siga o procedimento a seguir para tentar restaurar o funcionamento normal do periférico afetado:

Vá para o painel de controle do Windows e acesse as propriedades do conversor **USB-i485**:

Painel de Controle / Sistema / Hardware / Gerenciador de Dispositivos / Portas COM & LPT

Selecione o dispositivo "USB Serial Port" correspondente ao conversor **USB-i485** e clique em "Propriedades". Selecione a aba "Port Settings" e clique no botão "Advanced". Desmarque a opção "Serial Enumerator":

GARANTIA

O fabricante assegura ao comprador de seus equipamentos, identificados pela nota fiscal de compra, uma garantia de doze meses, nos seguintes termos:

- O período de garantia inicia a partir da data de emissão da Nota Fiscal, fornecida pelo fabricante.
- Dentro do período de garantia, mão-de-obra e componentes aplicados em reparos de defeitos ocorridos em uso normal, serão gratuitos.
- Para os eventuais reparos, enviar o equipamento, juntamente com as notas fiscais de remessa para conserto, para o endereço do fabricante. Despesas e riscos de transporte, ida e volta, correrão por conta do comprador.
- Mesmo no período de garantia serão cobrados os consertos de defeitos causados por choques mecânicos ou exposição do equipamento a condições impróprias de temperatura e umidade.

REFERÊNCIAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO PLÁSTICO. **Perfil da Indústria Brasileira da Indústria do Plástico**. São Paulo, 2011. Disponivel em: <http://www.abiplast.org.br/upload/File/2011/PERFIL_2010.pdf>. Acesso em: 17 maio 2011.
2. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. **Consumo Aparente de Resinas Termoplásticas no Brasil**. São Paulo, 2011. Disponivel em: <http://www.abiquim.org.br/resinastermoplasticas/estatisticas_32.asp>. Acesso em: 25 mai. 2011.
3. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA. **Consumo Per Capita de Resinas Termoplásticas no Brasil**. São Paulo, 2011. Disponivel em: <http://www.abiquim.org.br/resinastermoplasticas/estatisticas_33.asp>. Acesso em: 25 maio 2011.
4. AGRADO, J.; SERRANO, D. **Feedstock Recycling of Plastic Wastes**. (J. H. Clark, Ed.), 1999.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023:** Informação e Documentação – Referências - Elaboração**.** Rio de Janeiro, 2002.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024:** Informação e Documentação – Numeração Progressiva das Seções de um Documento Escrito – Apresentação**.** Rio de Janeiro, 2003.
7. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6027:** Informação e Documentação – Sumário – Apresentação**.** Rio de Janeiro, 2003.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028:** Informação e Documentação – Resumo – Apresentação**.** Rio de Janeiro, 2003.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6034:** Informação e Documentação – Índice – Apresentação**.** Rio de Janeiro, 2004.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520:** Informação e Documentação – Citações em Documentos – Apresentação**.** Rio de Janeiro, 2002.

11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12225:** Informação e Documentação – Índice – Apresentação**.** Rio de Janeiro, 2004.

12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14727:** Informação e Documentação – Trabalhos Acadêmicos – Apresentação**.** Rio de Janeiro, 2011.

13. BRASKEM. **Resinas Termoplásticas**. São Paulo, 2009. Disponivel em: <http://www.braskem.com.br/site/portal_braskem/pt/conheca_braskem/produtos/produtos.aspx>. Acesso em: 15 maio 2011.

14. CALLISTER, W. D. **Ciência e Engenharia de Materiais:** Uma Introdução. 7ª. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2008.

15. CONESA, J. A.; FONT, R.; MARCILLA, A. **Comparison Between the Pyrolysis of Two Types of Polyethylenes in a Fluidzed Bed Reactor**. Energy & Fuels, v. 11, p. 126-136, 1997.

16. CONTEMP – MEDIÇÃO, CONTROLE E MONITORAMENTO DE PROCESSOS INDUSTRIAIS. **Controladores e indicadores de Temperatura e Processos/Controladores Micropocessados de Temperatura – PID**. São Caetano do Sul, 2010. Disponivel em: <http://www.contemp.com.br/produtos/controladores-e-indicadores-de-temperatura-e-processos/controladores-microprocessados-de-temperatura---pid/controlador-de-temperatura-tcm45>. Acesso em: 11 set. 2010.

17. COSTA, P. A. **Produção de Hidrocarbonetos Líquidos e Gasosos por Pirólise de Resíduos Plásticos**. Tese de Doutoramento. Lisboa: 2006.

18. DEMIRBAS A., "**Pyrolysis of municipal plastic waste for recovery of gasoline-range hydrocarbons**", Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 72 (2004), 97-102.

19. DEMIRBAS A., "**Recovery of chemicals and gasoline-range fuels from plastic wastes via pyrolysis**", Energy Sources 27 (2005), 1313-1319.

20. ELETROTHERMO COMÉRCIO E INDÚSTRIA LTDA. **Produtos, Categoria, Resistências Infravermelho em Cerâmica.** Itaquaquecetuba, 2010. Disponível em: <http://www.eletrothermo.com.br/produtos.php?cat=6&sub=0&prod=52>. Acesso em: 15 out. 2010

21. EXACTA INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE SENSORES LTDA. **Catálogo de Termpar e Termoresistências**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.exacta.ind.br/conteudo/upload/files/exacta_nv.pdf>. Acesso em: 11 set. 2010.

22. F. J. Mastral, E. Esperanza, C. Berrueco, M. Juste, J. Ceamanos, "**Fluidized bed thermal degradation products of HDPE in an inert atmosphere and in air-nitrogen mixtures**", Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 70 (2003), 1-17.

23. F. J. Mastral, E. Esperanza, P. García, M. Juste, "**Pyrolysis of high-density polyethylene in a fluidized bed reactor. Influence of the temperature and residence time**", Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 63 (2002), 1-15.

24. FOX, R. W., MCDONALD, A. T, PRITCHARD, P. J. **Introdução à Mecânica do Fluidos.** 6ª ed. Rio de Janeiro. Ed. Livros Técnicos e Científicos S.A. – LTC, 2006.

25. 4GASZZONI, D. L.; FELICI, P. H. N. **Craqueamento:** Um Processo para Atender Pequenos Consumidores. Curitiba: Biodisel BR, 2006.

26. GRUPO DE COMBUSTÍVEIS ALTERNATIVOS – GCA – UNICAMP. **Manual de Instrução do Calorímetro.** São Paulo. UNICAMP.

27. INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 4ª. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1998.

28. WALENDZIEWSKI J., "**Continuous flow cracking of waste plastics**", Fuel Processing Technology, 86 (2005), 1265-1278.

29. KAMINSKY, W. **Thermal Recycling of Polymers**. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, v. 8, p. 439-448, 1985.

30. LABORATÓRIO DE RECICLAGEM, TRATAMENTO DE RESÍDUOS E METALURGIA EXTRATIVA - LAREX - USP. **Pirólise e Combustão de Resíduos Plásticos**. São Paulo, 2009. Disponivel em: <http://www.pmt.usp.br/ACADEMIC/jtenorio/larex/trabalhos/Combustao%20de%20Plasticos.pdf>. Acesso em: 20 maio 2011.

31. LIVRO DE QUÍMICA DO NIST (THE NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY – AN AGENCY OF THE U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE) NA WEB. **Propriedades termofísicas de sistemas fluidos**. USA,

2010. Disponível em: <http://webbook.nist.gov/chemistry/fluid/>. Acesso em: 27 jul. 2011.

32. OUR WORLD 2.0 – UNITED NATIONS UNIVERSITY. **Plastic to oil fantastic**. Tokyo, 2010. Disponível em: <http://ourworld.unu.edu/en/plastic-to-oil-fantastic/>. Acesso em: 29 ago. 2010.

33. PEREIRA, F. S. G. **Polímeros:** Fundamentos Científicos e Tecnológicos. Recife: Instituto Federal de Pernambuco, 2009.

34. PERFILTÉRMICO® AQUECIMENTO E ISOLAMENTO INDUSTRIAL. **Isolante Termoelétricos**. Curitiba, 2010. Disponível em: <http://www.perfiltermico.com.br/pt/produtos.php?cat=4>. Acesso em: 09 dez. 2010.

35. PERFILTÉRMICO® AQUECIMENTO E ISOLAMENTO INDUSTRIAL. **Papelões Isolantes**. Curitiba, 2010. Disponível em: <http://www.perfiltermico.com.br/pt/produtos.php?cat=25>. Acesso em: 09 dez. 2010.

36. PLASTIVIDA INSTITUTO SÓCIO-AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS. **Elaboração e Monitoramento dos Índices de Reciclagem de Plástico no Brasil (IRmP) - 2005**. São Paulo, 2006. Disponivel em: <http://www.plastivida.org.br/2009/Reciclagem_IRMP_2005.aspx>. Acesso em: 10 maio 2011.

37. PLASTIVIDA INSTITUTO SÓCIO-AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS. **Elaboração e Monitoramento dos Índices de Reciclagem de Plástico no Brasil (IRmP) - 2007.** Site da PLASTIVIDA, 24 Novembro 2008. Disponivel em: <http://www.plastivida.org.br/2009/pdfs/IRmP/IndiceReciclagem2007.pdf>. Acesso em: 10 Maio 2011.

38. PLASTIVIDA INSTITUTO SÓCIO-AMBIENTAL DOS PLÁSTICOS. **Reciclagem Energética**. Site da PLASTIVIDA, 2009. Disponivel em: <http://www.plastivida.org.br/2009/Reciclagem_Energetica.aspx>. Acesso em: 10 Maio 2011.

39. ROCKFIBRAS® ISOLANTES TÉRMICOS E ACÚSTICOS. **THERMAX-FLEX**. São Paulo, 2010. Disponível em:

<http://www.rockfibras.com.br/produtos_LR_thermaxflex.html>. Acesso em: 25 set. 2010.

40. Siauw H. Ng, "**Conversion of Polyethylene to Transportation Fuels through Pyrolysis and Catalytic Cracking**", Energy & Fuels, 9 (1990) 735-742.

41. SCOTT, D. S. et al. **Fast Pyrolysis of Plastic Wastes**. Enery & Fuels, v. 4, p. 407-411, 1990.

42. SONNTAG, R. E., BORGNAKKE, C., VAN WYLEN, G. J. **Fundamentos da termodinâmica.** 6ª ed. São Paulo. Ed. Edgard Blücher, 2003.

43. UNICAMP. **Apostila de Geração, Distribuição e Utilização de Vapor**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.fem.unicamp.br/~em672/GERVAP2.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2010

44. V. Cozzani, C.Nicolella, M. Rovatti, L. Tognotti, "**Influence of Gas-Phase Reactions on the Product Yields Obtained in the Pyrolysis of Polyethylene**", Industrial & Engineering Chemistry Research, 36 (1997), 342-348.

45. W. C. McCaffrey, M. R. Kamal, D. G. Cooper, "**Thermolysis of polyethylene**", Polymer Degradation and Stability, 47 (1995), 133-139.

46. WESTERHOUT, R. W. J. et al. **Kinects of the Low-Temperature Pyrolysis of Polyethylene, Polypropylene, and Polystyrene Modeling, Experimental Determination, and Comparison with Literature Models and Data**. v. 36, 1997.

47. WILLIAMS Elizabeth A., Paul T. Williams, "**The pyrolysis of individual plastics and a plastic mixture in a fixed bed reactor**", Journal of Chemistry Technology and Biotechnology, 70 (1997), 9-20.

48. WILLIAMS Paul T., Elizabeth A. Williams, "**Fluidized bed pyrolysis of low density polyethylene to produce petrochemical feedstock**", Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 51 (1999), 107-126.