



ISSN: 2447-5580

Disponível em: <http://periodicos.ufes.br/BJPE/index>



Brazilian Journal of
Production Engineering

BJPE - Revista Brasileira de Engenharia de Produção



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

ARTIGO ORIGINAL

OPEN ACCESS

ESTUDO PRELIMINAR DA OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE PRÉ-TRATAMENTO E-COAT EM UMA PLANTA DE PINTURA AUTOMOTIVA

PRELIMINARY STUDY OF THE OPTIMIZATION OF THE E-COAT PRETREATMENT PROCESS IN AN AUTOMOTIVE PAINTING PLANT

Júlia Santos Pedro^{1*}; Amanda Bahia de Souza²; João Vitor Cabral Gonçalves³; Cristiane de Souza Siqueira Pereira⁴; Moisés Teles Madureira⁵

^{1 2 3 4 5} Curso de Engenharia Química da Universidade de Vassouras, Vassouras, RJ, Brasil.
*jusantos.pedro@gmail.com

ARTIGO INFO.

Recebido em: 05/11/2018

Aprovado em: 14/11/2018

Disponibilizado em: 24/04/2019

PALAVRAS-CHAVE:

Pré-tratamento; otimização; corrosão.

KEYWORDS:

Pretreatment; optimization; corrosion.

Copyright © 2019, Pedro et al. Esta obra está sob uma Licença Creative Commons Atribuição-Uso.

*Autor Correspondente: Julia Santos Pedro

RESUMO

O pré-tratamento constitui uma etapa do processo da pintura automotiva, onde torna-se indispensável um tratamento de superfície devido a necessidade de remover as sujidades (óleo e limalha) residuais das etapas anteriores, para posterior pintura. Dessa forma, é considerado um dos principais fatores que influenciam na resistência à corrosão pelo seu efeito na aderência da camada de tinta. As atuais exigências do mercado referentes a desempenho têm colocado a indústria automotiva numa busca por novas alternativas, não somente no âmbito da engenharia de materiais com foco em composição de chapas metálicas, como também de novos tratamentos de superfície utilizados no processo de pintura. Visando máxima otimização, simultânea aos requisitos ambientais e manutenção da resistência à corrosão,

característica fundamental nas garantias oferecidas pelas montadoras e determinante na durabilidade do veículo. Dito isso, o pré-tratamento é composto por 12 estágios, tornando o foco deste estudo reduzir de forma assertiva os custos, otimizando o processo tal como a retirada de uma etapa considerada obsoleta e indiferente quanto a qualidade final apresentada.

ABSTRACT

Pretreatment is a step in the process of automotive painting, where a surface treatment is indispensable due to the need to remove residual dirt and oil from the previous stages for subsequent painting. In this way, it is considered one of the main factors that influence the resistance to corrosion by its effect on the adhesion of the paint layer. The current market demands for performance have placed the automotive industry in a search for new alternatives, not only in the field of materials engineering with a focus on sheet metal composition, but also new surface treatments used in the painting process. Aiming at maximum optimization, simultaneous with environmental requirements and maintenance of corrosion resistance, fundamental characteristic in the guarantees offered by the automakers and determinant in the durability of the vehicle. That said, pre-treatment consists of 12 stages, making the focuses of this study assertively reduce costs, optimizing the process as the withdrawal of a step considered obsolete and indifferent to the final quality presented.



Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional. **Brazilian Journal of Production Engineering**, São Mateus, Editora UFES/CEUNES/DETEC.

INTRODUÇÃO

O automóvel nos últimos 50 anos tem sido um bem de importância vital para grande parte da humanidade. A partir da década de 80, houve um aumento significativo na robotização das montadoras de automóveis (MAINIER, 1997) sendo praticamente aceitável em todos os níveis que em ambientes de alta tecnologia, os trabalhadores com funções repetitivas, como apertar parafusos ou aplicação de soldas ponteadas, tendem a ser substituídos por máquinas e robôs.

Caminhando na dimensão industrial, os projetos dos carros da atualidade são baseados em visões simples e compactas. E, nesta direção, também, acompanham as próprias fábricas de autopeças que na maioria das vezes, já estão enviando às montadoras os grupos de peças prontas, de fácil montagem e formando um conjunto único (ANFAVEA, 2018), A preocupação com a durabilidade, a aparência e vida útil do automóvel tem sido uma constante nos ramos automotivos e coligados, conseqüentemente, o processo de pintura, objeto do presente estudo, é fundamental sob o ponto de vista de uma avaliação crítica.

A eletrodeposição de tintas é um processo em que se mantém o mesmo princípio da imersão simples. Porém, as tintas usadas possuem uma formulação especial que permite sua polarização. Usando esta propriedade, a peça (carroceria) é ligada ao pólo negativo dos retificadores de corrente contínua e estabelecendo-se, entre a peça e a tinta onde ela está imersa, uma diferença de potencial, de modo que os compostos orgânicos protonizados (carga positiva) presentes na formulação sejam atraídos para o pólo negativo (carroceria metálica) (Brett & Brett, 1996).

Dessa forma, toda a peça fica recoberta com uma camada uniforme e aderente de tinta, com espessura na faixa 20-40 μm . A gestão eficiente da aplicação de tintas automotivas está baseada nas normas de aplicação, na avaliação crítica da tinta acabada, na qualidade dos produtos que compõe a formulação, no nível dos contaminantes, na qualidade da água e, finalmente, no controle e na disposição dos efluentes visando à preservação ambiental.

Em uma planta de pintura automotiva muitos fatores podem impactar no processo causando, inconformidades. Controladamente, defeitos são aceitáveis, desde que a qualidade seja mantida e o range dos parâmetros pré-estabelecidos, sejam respeitados. O fundamental é que haja o mínimo de peças rejeitadas por lote produtivo.



PROCESSO PRODUTIVO

Para que a qualidade final do produto seja garantida, é necessária, a realização de etapas que são consideradas exigências básicas para uma pintura por eletrodeposição. Espera-se obter uma película insolúvel de tinta sobre a superfície metálica que alcance sua máxima resistência contra corrosão. Os estágios do pré-tratamento e posterior otimização que será descrita nos próximos tópicos, são descritos na figura 1:

Figura 1. Estágios do pré-tratamento, assinalando a etapa que será otimizada. Sendo ela do estágio 6 ao estágio 8.



Fonte: Os autores

1º estágio → Desengraxe por spray - Neste primeiro estágio utiliza-se um material de base alcalina com a função de promover a limpeza da superfície. Nesta etapa óleos, graxas e dejetos provenientes da etapa de funilaria, como a limalha, são retirados. Possui temperatura controlada pra melhor desempenho de sua função. Como meio de protelar a substituição por completa deste banho, para sua limpeza, medidas diárias são tomadas para que o banho não perca suas propriedades e saia dos parâmetros de qualidade pré-estabelecidos, por isso, o resíduo gerado água-óleo é separado diariamente. Em relação à limalha, a separação ocorre por meio de um cilindro magnetizado que por diferença de polaridade atrai as partículas metálicas, que ocorre logo após um processo de filtração, tornando a manutenção do banho mais eficiente.

2º estágio → Desengraxe por imersão - Possui a mesma função do estágio que o antecede, com forma de aplicação modificada. Agindo também em partes internas e ocas da cabine, aprimorando a etapa anterior.



3º estágio → Lavagem por imersão - Promove-se o enxague da cabine com água industrial, diminuindo a contaminação por arraste para os banhos posteriores.

4º estágio → Refinador de cristais - Atua para promover a preparação da camada, ativando a, para receber de cristais de fosfato. Trata-se de um material a base de zinco, possui caráter aniônico proporcionando uma boa reação com uma etapa posterior, a fosfatização, de caráter catiônico. Anteriormente utilizava-se um produto a base de Titânio. Este apresentava desempenho inferior ao material agora utilizado. A perda de propriedades importantes para constituir o banho era muito rápida e sua degradação exigia uma troca quinzenal, agregando um alto custo ao processo. O novo produto necessita de uma troca quadrimestral, resultando em uma brusca economia, além de possibilitar uma melhor reação com a etapa posterior, fundamental para o preparo da superfície a ser pintada por eletrodeposição. A afinidade dos materiais do 4º estágio com o do 5º permitiu um ganho de qualidade na camada de fosfato.

5º estágio → Fosfatização - Neste quinto estágio, promove-se a fosfatização tri-catiônica – Zinco, Níquel e Manganês – que tem por função aumentar a porosidade e a área específica tratada. Possui como base, ácido fosfórico, permitindo uma unidade integrada entre metal e base. Facilita a penetração de tinta ou absorção de óleos lubrificantes. Possui ampla aplicabilidade - Zinco, Alumínio e Ferro – e este tipo de revestimento especial implica de forma decorrente, não propriamente, das suas propriedades e sim dos seus efeitos secundários (CHEMETALL, 2007). Necessita de aquecimento e temperatura controlada para maior eficiência. A troca do produto utilizado no banho anterior otimizou de forma considerável a reação, permitindo a formação de uma camada melhor de fosfato na superfície a ser pintada.

6º estágio → Lavagem por imersão - Promove-se o enxague da cabine com água industrial, diminuindo a contaminação por arraste para os banhos posteriores.

7º estágio → Passivação - Trata-se de um sal à base de Flúor e Zircônio. Este banho lineariza a camada de fosfato, tornando possível a formação de um cristal. A importância desta etapa deve-se a porosidade dos recobrimentos fosfóricos. Os poros se constituirão em áreas anódicas, altamente ativas, reduzindo áreas livres de poros e passivando a superfície metálica exposta. Isto influi de forma direta na proteção do acabamento posterior, estabelecendo aderência superior nas próximas etapas do processo. Contudo, quanto melhor o refinador de cristais, melhor ativação da camada de fosfato, resultando em uma aprimorada reação de fosfatização. Eximindo a necessidade desta etapa do processo produtivo. A partir disso, testes foram desenvolvidos para analisar a necessidade desta etapa no processo.



8º estágio → Lavagem DI (água deionizada) - O oitavo estágio serve para enxágue das cabines com água desmineralizada para minimizar o arraste de sais para os banhos posteriores.

9º estágio → Banho de KTL – Katho-discheTauchLackierung (Pintura Catódica por Imersão).

METODOLOGIA

O conceito de otimização de processos, descreve alguns conjuntos de parâmetros especificados sem violar alguma restrição. Sendo assim, o maior revés de um sistema de pintura industrial é o custo. Comedir os custos sem comprometer de forma inconveniente a qualidade almejada do revestimento, é o obstáculo inerente. Além do custo real do processo, que inclui energia, mão de obra e insumos, existe o custo da não qualidade (DIAS, 2006). A partir disso, é possível dimensionar perdas que impactam de forma direta e negativa no resultado final, como desperdícios. Podendo ocasionar a aniquilação da peça.

Levando em consideração as implicações do custo produtivo, processo existente de pré-tratamento e novas tecnologias; este estudo foi adotado com o viés de adequação da planta produtiva de acordo com as novas tecnologias disponíveis no mercado.

O processo de pré-tratamento é composto por 12 estágios e o objetivo deste estudo foi maximizar ganhos em relação ao tempo e custos, através da retirada de um estágio considerado obsoleto e indiferente quanto à qualidade final do produto. A subtração do tempo gasto na imersão da cabine e o investimento embutido nesta etapa produtiva permite que sua retirada impacte de forma considerável no ganho produtivo. A disposição da planta e o modelo de produção utilizado beneficiam mudanças como esta, já que a retirada do banho não implica em nenhuma mudança física na estrutura existente. Através de um sistema completamente automatizado, ao invés da carroceria submergir no tanque com o passivador, ela será levada a próxima etapa, o enxágue. Tornando o projeto totalmente viável, com nenhum investimento embutido na otimização. Quanto à qualidade do material, foram realizados inúmeros testes, para estabelecer de forma concreta a dispensabilidade desta etapa.

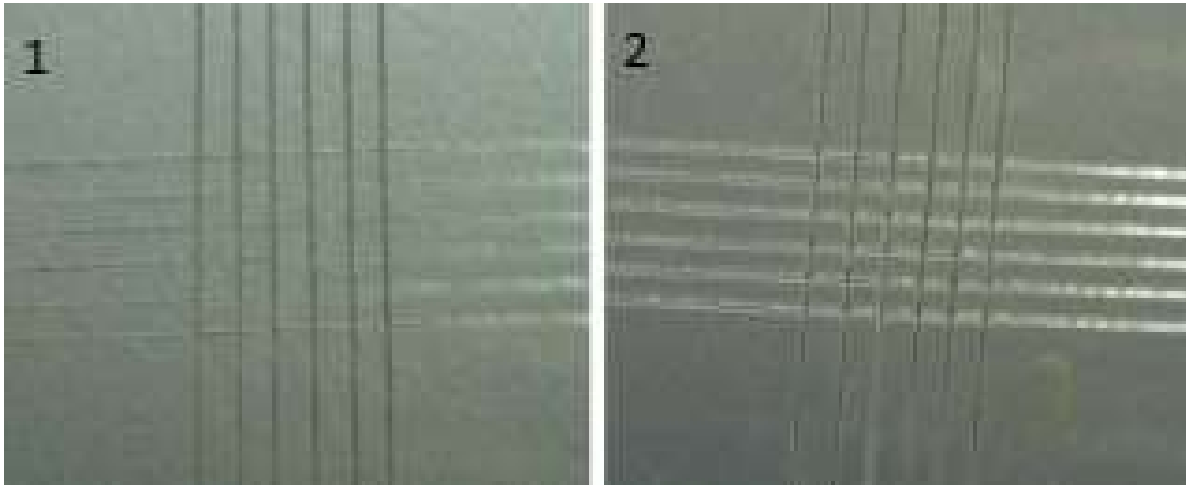


RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ENSAIO DE ADERÊNCIA DO SISTEMA DE PINTURA (CONFORME A NORMA NBR 11003)

Com o intuito de avaliar a resistência à corrosão, que leva em consideração o efeito da aderência na camada de tinta da Figura 2 apresenta as imagens dos materiais analisados no ensaio de aderência, antes e após a retirada do estágio 7º estágio. De acordo com as imagens Apresentadas, verifica-se que os materiais processados apresentaram semelhanças em sua qualidade de aderência.

Figura 2. Imagem do ensaio de aderência. 1 representa a chapa metálica com imersão no 7º estágio e 2 sem imersão.



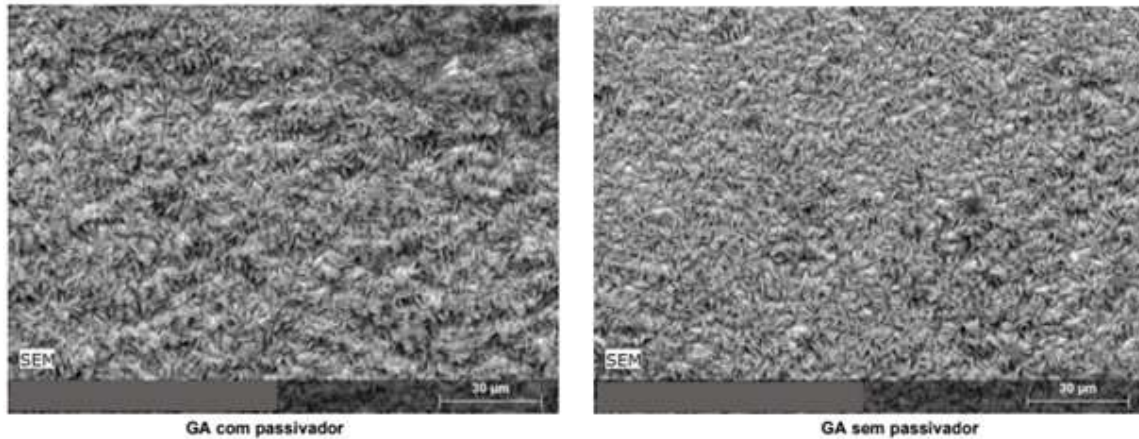
Fonte: Os autores

4.2 CARACTERIZAÇÃO DA CAMADA DE FOSFATO

A Figura 3 apresenta as imagens feitas por microscopia eletrônica de varredura das superfícies das amostras obtidas após o processamento na linha pré-tratamento, com 1.000 vezes de ampliação. Verifica-se que o pré-tratamento com fosfato resulta em uma morfologia com a forma de cristais, semelhante nos materiais com passivador e sem passivador.



Figura 3. Microscopia eletrônica de varredura com 1.000 vezes de ampliação nas amostras de chapas metálicas da linha de pré-tratamento.



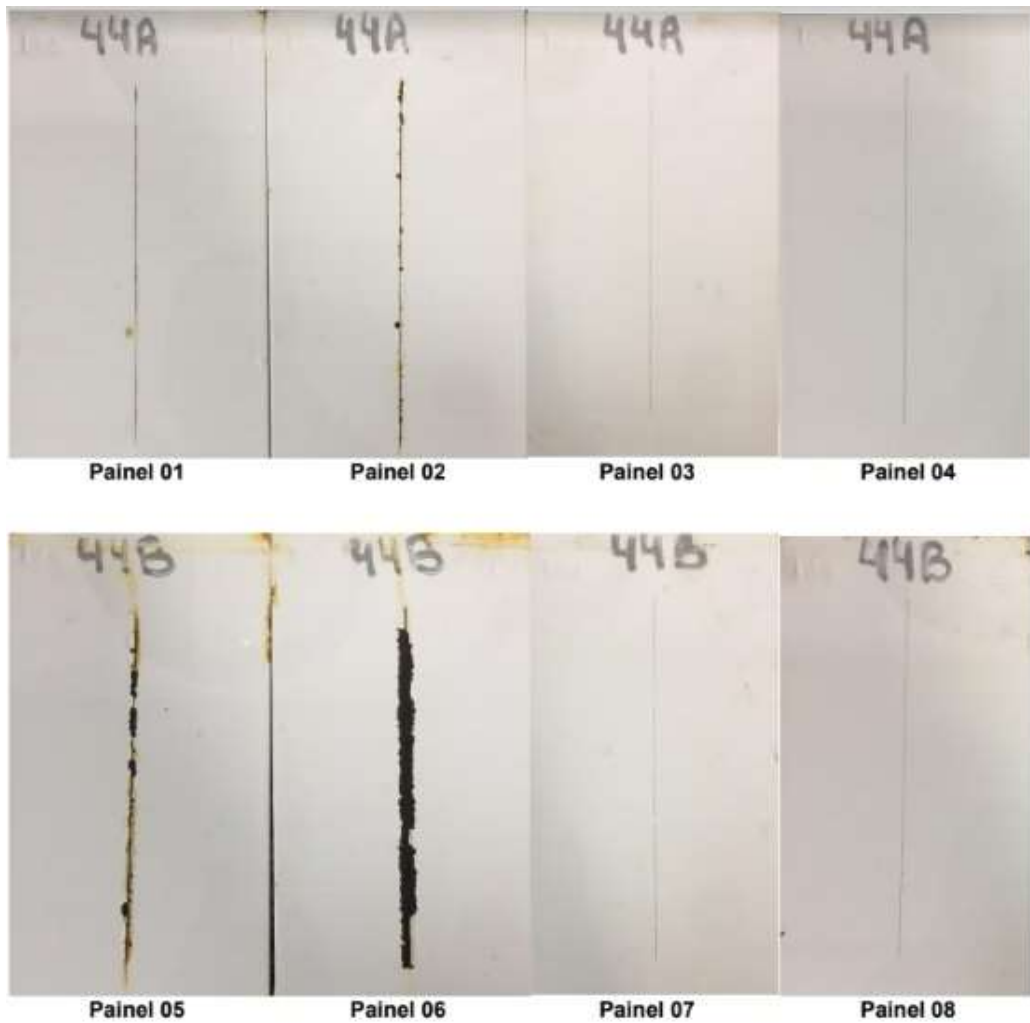
Fonte: Os autores

4.3 ENSAIO CÍCLICO DE CORROSÃO

As imagens da Figura 4 apresentam o teste dos materiais em estudo após ensaio acelerado de corrosão, levando em consideração Tempo x Temperatura. Observa-se que os painéis 1 e 2 possuem menor avanço da corrosão em relação aos painéis 5 e 6. Porém, essa menor resistência à corrosão dos painéis 5 e 6 deve-se principalmente a menor relação de área anódica/catódica apresentada por este material, devido a menor espessura da camada de tinta e tempo de ensaio. Enquanto nos painéis 1 e 2 a camada de tinta possui espessura de 115 µm e 113 µm (respectivamente) e duração de 30 ciclos, os painéis 5 e 6 possuem 108 µm e 112 µm (respectivamente) e duração de 60 ciclos.



Figura 4. Teste de corrosão por exposição às névoas salinas em substratos tratados e pintados.



Fonte: Os Autores.

4.4 CUSTO E HHT (HORA HOMEM TRABALHADA)

Os dados abaixo se referem ao estágio 7, o mesmo que foi excluído, fornecendo economia no custo de processo e mão de obra.

- Produto – Bonderite MP54
- Volume do tanque – 110 m³
- Custo do tratamento – R\$ 5,39/m³
- Frequência de troca – 3 vezes ao ano
- 1 Técnico de Processo – 8h trabalhadas



- 2 Auxiliares de Limpeza – 4h trabalhadas

Uma análise objetiva de economia em torno do volume x custo x frequência = R\$ 1.778,00 anual.

O preço do produto Bonderite MP54 é mantido sob sigilo, pois se trata de uma cotação específica para a empresa. Vale ressaltar que é uma economia significativa de 30% do custo.

O técnico de processo e os auxiliares de limpeza foram realocados em outras funções, culminando em otimização do processo em menor tempo, ganho de qualidade em outras atividades desempenhadas pelos menos.

CONCLUSÃO

A corrosão eletroquímica é um processo espontâneo que acontece quando o metal está em contato com um eletrólito, ocorrendo simultaneamente reações anódicas e catódicas. Eletrólitos são substâncias que, ao serem dissolvidas em água, resultam em soluções condutoras de eletricidade. No presente trabalho, o eletrólito é representado pela solução salina utilizada na câmara de salt spray. Quando uma chapa de aço é submetida sem qualquer proteção ao teste de salt spray, obtém-se como resultado sua total oxidação. Em contrapartida, quando se submete outra chapa fosfatizada e com KTL, observa-se a conservação total do painel, livre de corrosão (ALVARENGA, 2007).

No processo de fabricação de automóveis, é essencial a utilização da tinta KTL para proteção do substrato contra a corrosão. A vida útil desta tinta é longa e garante uma grande durabilidade ao material quando o mesmo está sujeito às ações de intempéries.

O desenvolvimento e aplicação de novas tecnologias tem a finalidade de tornar estes bens mais duráveis com menor custo produtivo. Verificou-se que independente da linha de pré-tratamento em que foram processados os materiais, o desempenho da resistência à corrosão comparativa entre os materiais avaliados apresentou tendências similares;

Verificou-se que os materiais com pré-tratamento com número de estágios reduzidos, ou seja, a exclusão do 7º estágio apresentou aderência ao sistema de pintura e resistência à corrosão semelhante ou levemente inferior à dos materiais com pré-tratamento que possui o 7º estágio.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVARENGA, E. ; MOREIRA, J.; BUONO, V. Resistência a Corrosão de aços

Eletr galvanizados Fosfatizados e Pintados. *Tecnologia em Metalurgia e Materiais*, São Paulo, v.4, n.2, p. 21-26, out. Dez, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11003: Tintas-
Determinação da Aderência: Rio de Janeiro, 2009.

CHEMETALL. Processo de Fosfatização. Chemetall do Brasil Ltda. 2007.

OLIVEIRA BRETT, A. M. & BRETT, C.M;A. *Electroquímica, princípios, métodos e aplicações*, Coimbra, Portugal, : Editora Almedina, 1996.

DIAS, E. E. P. *Análise de melhoria de processos: aplicações à indústria automobilística*.
2006. 100f. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Gestão) – Universidade Federal
Fluminense, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: Acessado em 09/11/18.

INDÚSTRIA AUTOMOBILÍSTICA BRASILEIRA. Disponível em Associação Nacional dos
Fabricantes de Veículos Automotores (ANFAVEA). Acessado em 05/11/2018.

MAINIER, F.B - Reflexões: o computador, o desemprego e o processo educativo. *Anais: 4^a*
Jornada de Pesquisadores em Ciências Humanas, Centro de Filosofia e Ciências Humanas,
8/10 Outubro, Campus da Praia Vermelha, UFRJ, 1997, p.35

