



**Fórum Antônio José Valente  
discute Tecnologias Novas  
e Revisitadas - Vetor de  
Desenvolvimento**



Instituto Politécnico da Bahia

# Politécnica

Ano 10 Edição Quadrimestral Dezembro de 2018 ISSN 1809 8169

**28E**

**Preservação:  
Tecnologia contribui para  
identificação de lixo  
no fundo do mar**

Outubro é um mês marcante para o Instituto Politécnico da Bahia, em que se celebra o aniversário de seu fundador, o engenheiro Arlindo Coelho Fragoso, como também este é o terceiro ano de realização da AGENDA de DESENVOLVIMENTO BAHIA: A ENGENHARIA PROPULSORA COMO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL, atividade iniciada em 2016. O Fórum ANTONIO JOSÉ VALENTE – TECNOLOGIAS NOVAS E REVISITADAS, realizado em outubro último, obteve êxito igual ao dos eventos anteriores.

A Diretoria do IPB, dando prosseguimento aos projetos definidos com seus associados e parceiros, baseia-se no princípio de seus Estatutos elaborados em 1896: “Prover soluções de engenharia, através da pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica, atendendo às demandas da sociedade, preservando a memória da engenharia e priorizando o estado da Bahia”. No momento, estamos elaborando a programação das atividades do próximo ano e, dentre elas, já foi estabelecida a continuidade da realização dos Fóruns, que contemplarão os seguintes temas:

**MARÇO:** FÓRUM NEWTON HART CERQUEI RALIMA: Recursos Hídricos, Saneamento e Desenvolvimento.

**JULHO:** FÓRUM JOSÉ LOURENÇO COSTA: A geração de eletricidade para estabelecimentos industriais e agrícolas de pequeno e médio porte.

**OUTUBRO:** FÓRUM JOSÉ GOES DE ARAÚJO: indústrias químicas de base vegetal de pequeno e médio porte - impactos socioeconômicos.

Visando a obter o sucesso dos anos anteriores, a Diretoria do IPB e seus dirigentes esperam contar com todas as entidades que nos tem apoiado durante todo o percurso da AGENDA de DESENVOLVIMENTO BAHIA. Aproveitamos a oportunidade para agradecer a todos que vem apoiando o IPB nessa caminhada, em particular a seus associados, à Escola Politécnica da UFBA, à APUB- Associação dos Professores Universitários da Bahia, ao SENGE



Revista do Instituto Politécnico da Bahia  
Fundado em 1896  
Ano 10  
Edição Quadrimestral  
Dezembro de 2018  
ISSN 1809 8169

**28E**

– Sindicato dos Engenheiros da Bahia, ao CREA-BA - Conselho Regional de Engenharia e Agronomia e demais instituições e profissionais.

Outra atividade importante a assinalar é a entrega neste mês de dezembro, do PRÊMIO DE INOVAÇÃO TECNOLÓGICA ARLINDO FRAGOSO, que está em sua quarta edição e é conduzida pelo CREABA, em parceria com o IPB. Nesta edição, o projeto conta com - o recorde de 22 projetos apresentados, sendo 75% de equipes do interior do Estado.

Vale destacar a aprovação, no final de novembro, do Regimento Interno do IPB, por seu Conselho Deliberativo, o qual já está em posse da Diretoria para implantação. No momento, o Presidente do IPB, Eng. Lenaldo C. Almeida, busca assegurar a auto sustentabilidade do Instituto e a ampliação de seu quadro social.

O conteúdo dos artigos deste exemplar abrange diversas áreas da engenharia, como: elétrica, estrutural, de automação, além de uma visão geral das antigas tecnologias.

**REVISTA POLITÉCNICA****Fundador**

JOSÉ GÓES DE ARAÚJO

**Coordenadora**

CRISTINA DE ABREU SILVEIRA

**Colaboradores**

JURANDYR SANTOS NOGUEIRA  
ANAILDE PEREIRA ALMEIDA  
CRISTINA DE ABREU SILVEIRA

**DIRETORIA DO IPB****Presidente**

LENALDO CÂNDIDO ALMEIDA

**Vice-Presidente**

ADEMIR FERREIRA DOS SANTOS

**Diretor Administrativo**

RAMILE DANIELE PINTO RAIMUNDO

**Diretor Financeiro**

DEOLINDO ZOCATELI

**Diretor de Negócios Empresariais**

PAULO EDUARDO SCOPPETA SAMAPAIO

**Diretor de Programa e Projetos Governamentais**

EDUARDO RAPPEL

**Diretor de Tecnologia, Pesquisa e Capacitação**

ISAAC QUINTINO FERREIRA

**Assessorias da Presidência**

ANAILDE PEREIRA ALMEIDA  
ADEMARIO SPINOLA  
HEYDE VIVEIROS MAIA  
JOSÉ EDUARDO LIMA BARRETO

**CONSELHO FISCAL**

ANTONIO CLODOALDO DE ALMEIDA NETO  
ERONILDES DOS SANTOS  
LUIZ ANÍBAL OLIVEIRA

**Suplentes**

HEBERT OLIVEIRA  
RAYMUNDO JOSÉ GARRIDO

**CONSELHO DELIBERATIVO****Presidente**

CAIUBY ALVES DA COSTA

**Vice-Presidente**

ADAILTON DE OLIVEIRA GOMES

**Secretário**

ASTHON JOSÉ REIS D'ALCANTARA

**Conselheiros**

ADINOEL MOTTA MAIA  
ALBERTO ELOY GOES DE ARAÚJO  
ANA HELENA HILTNER DE ALMEIDA  
CRISTINA DE ABREU SILVEIRA  
EDGAR NUNES DE ALMEIDA  
EMMANUELLE MARIMPIETRI

GETÚLIO LINS MARQUES  
GEORGE GURGEL DE OLIVEIRA  
ITAMAR BARRETO PAES  
JOSE BAPTISTA DE OLIVEIRA JR.  
SILVIO CARLOS GALLO SAMPAIO  
SILVINO SILVA BASTOS

**Membros Natos do Conselho Deliberativo**

CAIUBY ALVES DA COSTA  
CARLOS EMILIO DE MENEZES STRAUCH  
ERUNDINO POUSADA PRESA  
GUILHERME REQUIÃO RADEL  
JOSÉ ROGÉRIO DA COSTA VARGENS  
LUIZ EDMUNDO PRADO DE CAMPOS  
MAERBAL BITTENCOURT MARINHO  
MAURÍCIO FRANCO MONTEIRO

**CÂMARAS ESPECIALIZADAS****Câmara de Tecnologia e Desenvolvimento**

ALBERTO ELOY GÓES DE ARAUJO  
ANA HELENA HILTNER DE ALMEIDA  
CRISTINA DE ABREU SILVEIRA  
JOSE BAPTISTA DE OLIVEIRA JR.  
GETÚLIO LINS MARQUES  
SILVINO JOSÉ SILVA BASTOS

**Câmara de Planejamento Estratégico**

ADINOEL MOTTA MAIA  
EDGAR NUNES DE ALMEIDA  
GEORGE GURGEL  
SILVIO CARLOS GALLO SAMPAIO

**Câmara de Economia e Finanças**

ASTHON JOSÉ REIS ALCANTARA  
ITAMAR BARRETO PAES  
EMMANUELE MARINPIETRI

**CONSELHO EDITORIAL**

ADEMAR NOGUEIRA NASCIMENTO  
ANAILDE PEREIRA ALMEIDA  
CRISTINA DE ABREU SILVEIRA  
JOÃO AUGUSTO LIMA ROCHA  
JURANDYR SANTOS NOGUEIRA  
KLEBER FREIRE DA SILVA

**REALIZAÇÃO**

CASA DO VERSO

**DIRETOR RESPONSÁVEL**

ANTONIO PASTORI

**PROGRAMAÇÃO VISUAL**

ANTONIO PASTORI

**EDIÇÃO**

CRISTINA MASCARENHAS

**JORNALISTA RESPONSÁVEL**

CRISTINA MASCARENHAS - MTB 1957

Os textos assinados e aqui publicados são de exclusiva responsabilidade de seus autores, podendo não representar a opinião do Conselho Editorial ou mesmo da Diretoria do IPB. A publicação das fotos e ilustrações desta edição são de responsabilidade da Casa do Verso com a devida publicação dos créditos dos seus autores.

## 02 Editorial

### Uso de Deep Learning em um veículo operado remotamente para identificação de lixo no fundo do mar

*Marcus V. S. Rodrigues  
Eduardo T. F. Santos*



## 15 Caracterização simplificada da resistência e rigidez de clone de Eucalyptus Urophylla para uso em projeto de estruturas: Novo Modelo

*Linsmar Jacó Ribeiro Macêdo  
Michel Franklin de Almeida Lopes*



## 20 Informe Técnico: Dimensionamento de Transformador

*Gustavo Paéz Ortega*



## 30 Novos Tempos: antigas tecnologias revisitadas, alavanca de desenvolvimento

*Caiuby Alves da Costa*



## 40 Notícias: IPB realiza Fórum José Valente sobre tecnologias revisitadas



## 42 Recordando: A Escola Industrial do IPB - Escola Américo Simas





# Uso de Deep Learning em um veículo operado remotamente para identificação de lixo no fundo do mar

*Marcus V. S. Rodrigues*

*Eduardo T. F. Santos*

**Resumo:** O despejo irresponsável de lixo no fundo do mar é uma grande ameaça aos ecossistemas marinhos. O acompanhamento e mapeamento de áreas com altas concentrações de lixo são ferramentas essenciais para a preservação desse ambiente e os pesquisadores precisam de formas efetivas e baratas para desenvolver esses trabalhos. A análise de fundo de mar pode ser realizada por mergulhadores, veículos humanamente operados ou remotamente operados, sendo que o custo de obtenção deste último chega a US\$100mil, tornando essa opção inviável para pequenas organizações e universidades, área que esse artigo pretende explorar com a construção de um veículo remotamente operado para missões submarinas utilizando o Arduino como plataforma para controle. Este trabalho se propõe a aliar a funcionalidade do veículo com um algoritmo deep learning para detecção do lixo em condições reais, fornecendo análise em tempo real.

## 1. Introdução

**D**e acordo com o site The World Counts, plataforma online que reúne dados de diversas organizações sobre as condições do planeta, são utilizadas anualmente cerca de 5 trilhões de sacolas plásticas em todo o mundo, das quais apenas 1% é reciclada. Considerando que esse não é o único insumo plástico consumido no mundo e que ainda em 2010 entre 4,8 e 12,7 milhões de toneladas de

lixo plásticos foram despejados nos oceanos devido ao mau gerenciamento de resíduos, fica evidente a necessidade de mitigar os efeitos dessa poluição.

A preservação dos mares e oceanos requer, também, a exploração de fundo de mar para obtenção de dados. Um dos objetivos desse trabalho é criar um projeto de baixo custo

para facilitar a exploração do fundo do mar por organizações que realizem pesquisas nesses ambientes, sem a necessidade de um mergulhador profissional ou de um equipamento mais caro. Além disso, o sistema de

reconhecimento de imagem é uma ferramenta satisfatória na identificação de pontos de concentração de lixo e para, no futuro, gerar dados estatísticos de concentração de lixo por área.



**Figura 1 - Exemplo das imagens utilizadas para composição do dataset. (a) sacola plástica e (b) Uma lata de metal.**

O trabalho consistiu na construção de um veículo, nos ajustes de estabilidade quando submerso e na escrita do algoritmo de controle de navegação e do desenvolvimento do sistema de reconhecimento de imagens utilizando a metodologia conhecida como Deep Learning, um tipo de machine learning que permite que computadores realizem tarefas da mesma maneira que são realizadas por humanos, e que tem sido muito utilizada por empresas como Google, Microsoft e Apple (em seus assistentes de voz para o reconhecimento da fala do usuário).

A grande dificuldade em desenvolver esse sistema está na alta variabilidade dos tipos de lixo, mesmo que sejam da mesma categoria (garrafas plásticas) e também sua decomposição, o que pode alterar suas características físicas. Para possibilitar a implementação do algoritmo em função das restrições de capacidade computacional do equipamento a ser utilizado, a rede foi treinada apenas para identificação de alguns materiais plásticos e metálicos comuns.

## 2. Fundamentação

Para o desenvolvimento do protótipo, buscou-se referência em projetos anteriores que se assemelhassem e servissem de base e aprofundamento no tema, tanto na construção desses veículos quanto no reconhecimento de imagens subaquáticas. Esse item resume os principais componentes do protótipo.

### 2.1 Projeto do ROV - Remotely operated underwater vehicle

Os ROVs, veículos submarinos operados remotamente, em suas diversas categorias e especifi-

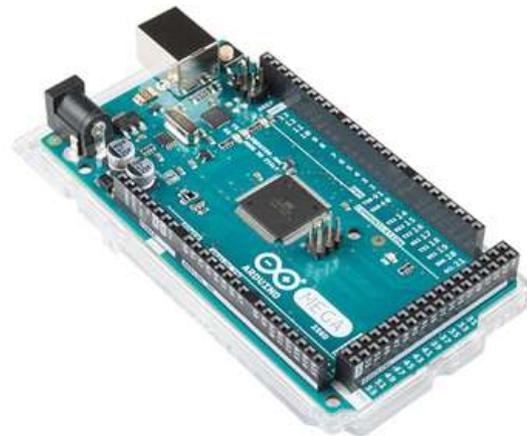
cações, são utilizados amplamente e por diversas indústrias em pesquisas geológicas, inspeção de gaiolas de fazendas de peixes, na localização de minas marítimas, no acompanhamento de mergulhadores em áreas de risco, no suporte a nas operações de perfuração de poços de extração, além das inspeções não destrutivas em estruturas subaquáticas.

O desenvolvimento desse projeto baseou-se em um projeto existente de um veículo submersível, disponível no site Instructables com algumas adaptações feitas durante a fase de montagem.

O desenvolvimento desse projeto baseou-se em um projeto existente de um veículo submersível, disponível no site Instructables com algumas adaptações feitas durante a fase de montagem. Esse protótipo possui controles simples de profundidade e navegação, ambos regulados através do ajuste da velocidade dos seus quatro motores. O deslocamento do ROV é realizado através desses motores, dois posicionados lateralmente, para os deslocamentos horizontais e manobras de mudança de direção e dois posicionados verticalmente para controle de profundidade e submersão.



**Figura 2 - Estrutura final do veículo.**



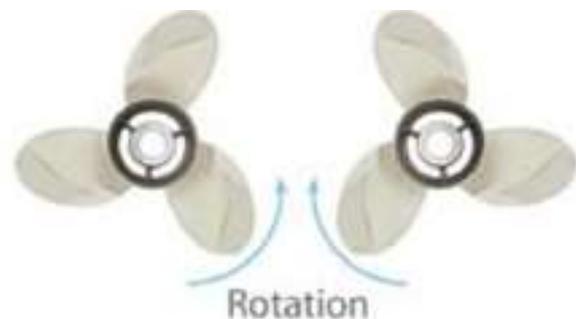
**Figura 3 - Arduino Mega 2560.**

A plataforma de prototipagem selecionada foi o Arduino Mega 2560, que é robusto o suficiente para as funções e pelo seu ambiente de desenvolvimento integrado, Integrated Development Environment (IDE), que facilita a programação.

As hélices, peças-chaves para o desempenho do veículo, possuem pás que giram em torno do eixo central criando uma dinâmica semelhante à de uma perfuratriz no solo ou de um saca-rolhas; essa rotação cria uma diferença de pressão entre as faces, acelerando a água atrás da lâmina para criar o impulso. Para o deslocamento positivo, a rotação depende da direção das pás, como ilustrado na Figura 5. O giro no sentido contrário fará com que o sistema desacelere e eventualmente movimente-se no sentido reverso.



**Figura 4 - Conjunto acoplador e hélice.**



**Figura 5 - Rotação das hélices de acordo com o direcionamento das pás**

## 2.2 Componentes do Projeto

- 04 bombas de porão da SAILFLO®, modelo HYBP1-G-1100-01, 12V CC e corrente de 3ª, com capacidade de bombear 4164 L/h.
- 01 bateria selada chumbo-ácida regulada por válvula, valve-regulated lead-acid battery (VRLA Battery), 12V, capacidade de 12Ah e a taxa de descarga C20, que indica que em 20h ela consegue fornecer 12Ah.
- 01 módulo regulador de tensão LM2560, que opera como um conversor CC-CC no modo step-down, abaixador de tensão com faixa de ajuste entre 1,5 e 35V e capacidade de fornecer até 3A de corrente de saída.
- 01 unidade de Controle construída a partir de 2 módulos joystick de 3 eixos para Arduino: para o controle de motores em CC foram utilizadas as pontes H L298N e o controle PWM. Elas são ligadas ao Arduino, que recebe o sinal dos joysticks e envia aos motores o valor proporcional (controle PWM) ao deslocamento aplicado pelo usuário.
- Além disso, foram utilizadas lanternas para melhorar o campo de visão e a obtenção de imagens pela câmera, com duas lâmpadas LED de 3W e intensidade luminosa entre 150-200 Lumens.
- 01 câmera: foi utilizada a GoPro Hero3+ Black Edition, que possui uma bateria recarregável de íon-lítio de 1180mAh, autonomia de 2h gravando vídeos a 1080p no modo 30fps. Possui sensor de 12MP e pode ser conectada através de sinal Wi-Fi.



**Figura 6 - Bomba de porão utilizada como motor.**



**Figura 7 - Bateria chumbo-ácida regulada por válvula**



**Figura 8 - Regulador de tensão LM2560**



**Figura 9 - Módulo Joystick para Arduino, com 3 eixos e Driver Ponte H L298N**



**Figura 10 - Lâmpada LED 12V**

Toda a estrutura do veículo foi feita em tubulações de PVC schedule 40, devido ao seu baixo custo, fácil disponibilidade e resistência. Foram utilizados tubos e conexões de 150mm para o corpo central que comporta bateria e componentes elétricos, 50mm onde as lanternas estão encapsuladas e são responsáveis pela estabilidade de flutuação e 40mm para os pés de suporte e adição de contrapeso. As juntas foram ligadas utilizando resina epóxi, de alta aderência e resistência à ambientes molhados. Para compensar a flutuação devido ao ar contido no corpo, foram utilizadas bolas de chumbo nos pés de suporte da estrutura.

A escolha do PVC não se deu apenas por seu baixo custo, mas também pela sua resistência à pressão. A pressão ao nível do mar é de aproximadamente 101kPa; assim, considerando um aumento aproximado de 101kPa a cada 10m de profundidade no mar, é possível atingir uma profundidade máxima de operação em torno de 62m, suficiente para pequenas expedições.

O custo médio dos componentes para a construção do protótipo foi de R\$1800,00, tomando por base valores praticados no 3º trimestre de 2018, em Salvador.

### **2.3 Inteligência Artificial (Deep learning)**

A inteligência artificial (IA) é o campo que não apenas tenta entender como funciona o pensamento, mas que também deseja construir



**Figura 11 - Hero3+ Black Edition**

entidades inteligentes.

O Deep Learning, aprendizado profundo em tradução livre, é uma das áreas de estudo mais proeminentes da atualidade e faz parte da IA, o termo deep é referente ao número de camadas de transformação dos dados. Seu método não é baseado em um algoritmo escrito para executar algum tipo de função, mas sim no aprendizado por associação e representação de dados e pode ser supervisionado, semi-supervisionado ou sem supervisão, à critério da aplicação e do usuário.

As redes neurais convolucionadas (CNN), também conhecidas com ConvNets, são o tipo de rede de deep learning com maior sucesso em aplicações de análise e reconhecimento de imagens como identificação de rostos, objetos diversos e sinais de trânsito, o que faz com que seja muito utilizada para visão computacional e carros autônomos.

O Faster R-CNN é uma versão atualizada do R-CNN, se diferenciando no método, pela forma que utiliza para seleção de regiões e como essas regiões são classificadas. Ele introduz o conceito de Region Proposal Network (RPN), que recebe uma imagem como entrada e retorna um conjunto de retângulos como previsões de objetos, predizendo simultaneamente, a localização, os “limites” do objeto e permitindo a determinação do grau de certeza em cada posição. O RPN é treinado de ponta-a-ponta para gerar sugestões de alta qualidade como

um mecanismo de “atenção” indicando a rede onde buscar a informação.

### 2.4 Dados de treinamento e teste

Para treinar os métodos de reconhecimento de imagem, foi necessário montar um dataset amplo o suficiente para cobrir os tipos mais comuns de lixo encontrado no mar em condições

diversas a fim de fornecer uma variedade ao algoritmo que venha garantir uma maior assertividade no reconhecimento. Além disso, foi necessário criar outro para o teste e validação do método utilizado. O processo de criação dos datasets foi desde a seleção de imagens para treino até o processo de rotulação, que consistiu em identificar, manualmente, os pontos de interesse da imagem que será utilizado pela rede.

## 3. Análise dos Resultados

Para elucidar alguns conceitos utilizados na avaliação da qualidade dos resultados, calculados através de quatro indicadores que relacionam a equivalência dos resultados com o acerto ou erro da predição, a saber:

- VP – Verdadeiro positivo;
- VN – Verdadeiro negativo;
- FP – Falso positivo;
- FN – Falso negativo;
- AT – Acerto total, dado pela soma de VP e VN.

A partir desses indicadores é calculada a precisão, ou seja, a fração de previsões que o modelo fez corretamente e o recall, que mede a fração de eventos verdadeiros que foram identificados.

$$\text{Precisão} = \frac{VP}{VP+FP}$$

$$\text{Recall} = \frac{VP}{VP+FN}$$

A precisão será igual à razão do VP pelo total de resultados positivos, enquanto que o recall será a razão entre o VP e o total de casos de falso negativo.

Por se tratar de um método que utiliza o reconhecimento através de proposição de região (RPN), a predição também é avaliada através de um indicador conhecido como Intersection over Union, interseção de união, (IoU), que compara quão próximo a previsão de região chegou da delimitação real do objeto.

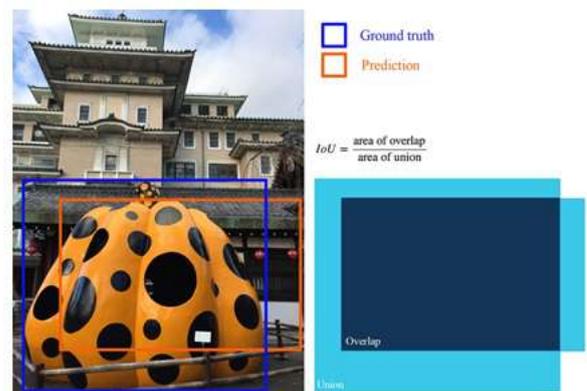


Figura 12 - Definição de IoU

O medidor utilizado é o gráfico definido pela precisão/recall, que destaca, principalmente, quão preciso é o detector para diferentes níveis de recall, diante do aumento no número de casos. O resultado ideal seria uma precisão de 100% para cada nível de recall, embora a adição de novas camadas de treino seja uma forma de alcançar esse objetivo, cujo custo computacional é muito grande, fazendo com que o sistema demore cada vez mais para realizar os treinos.

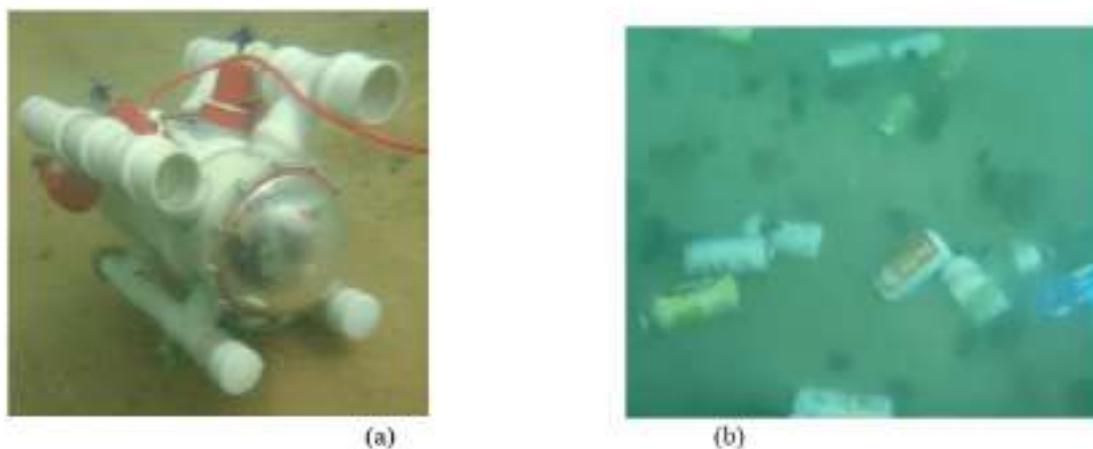
Esse resultado gráfico retorna também à precisão média AP, de average precision. A precisão é definida como a razão entre as instâncias verdadeiramente positivas de objetos detectados, baseado no ground truth, que é o conjunto de treinamento, contendo as coordenadas dos rótulos delimitados pelo usuário nas imagens de treino; é a média da máxima precisão para diferentes valores de recall. Conceitualmente, a precisão média pode

### 3.1 Testes de Navegação do ROV

Os testes foram conduzidos inicialmente em uma piscina, que é um ambiente controlado, o que facilitou os ajustes, após os quais o ROV foi levado à Praia da Ponte, em Salinas da Margarida, para fazer uma expedição de campo. A maior dificuldade de navegação se deu por conta do peso do veículo, sua distribuição e o sistema de flutuação. A partir de 3m de profundidade, as hélices superiores começaram a perder eficiência, isso porque a profundidade influencia na pressão, aumentando o peso do veículo, demandando

mais dos motores, que têm sua potência limitada. Considerando essas limitações do protótipo os resultados foram satisfatórios e conseguiu-se atingir uma profundidade aproximada de 5 metros. O sistema de flutuação passivo não resistiu ao aumento gradativo da pressão, fazendo com que, a partir dessa profundidade, o veículo afundasse indiscriminadamente.

Assim, para garantir a segurança e a integridade do dispositivo, toda a expedição foi realizada com um mergulhador de apoio. Algumas imagens selecionadas são mostradas a seguir.



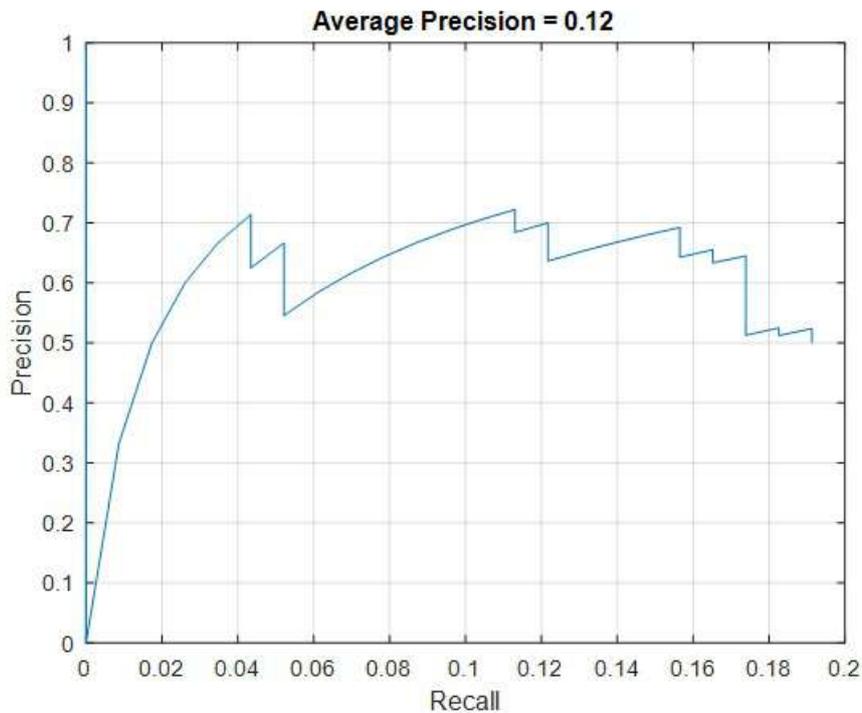
**Figura 13 - a) O ROV em operação na praia Porto da Barra. (b) Latas encontradas no fundo do mar. Fonte: Fundo da Folia.**

### 3.2 Sistema de reconhecimento de lixo

De acordo com os testes realizados, foi possível constatar que o algoritmo consegue uma boa taxa de identificação dos resíduos. Entretanto a tarefa não é simples, uma vez que as diversas condições de ambiente fazem com que exista uma grande variedade nos resultados. A redução no tamanho do dataset teve um papel fundamental para isso e apesar de ter melhorado os resultados, de uma AP de 0,03 para 0,12, mesmo com a redução da quantidade de imagens utilizadas em 80%, a quantidade absoluta de imagens interferiu diretamente na precisão de recall do sistema.

É importante observar que a redução de 80%

das imagens provocou uma melhora de 400% na precisão do algoritmo, realizando-se uma projeção de que, caso houvesse sido alcançada novamente a marca de 1500 imagens com a qualidade e variabilidade do novo dataset, a AP poderia chegar a aproximadamente 0,64, que é um nível de qualidade semelhante ao obtido em outros trabalhos com um método menos robusto. Outro ponto que influenciou foi a não utilização de redes pré-treinadas no modelo elaborado. Esse é um ponto importante, pois utilizar essas redes é se aproveitar de recursos aprendidos durante os treinos anteriores, que embora utilizados para fins diferentes, servem como um ponto de partida para a melhora dos resultados.



**Figura 14 - Gráfico de precisão média obtido pelo método de Faster R-CNN utilizado.**

A Figura 15 traz diversas situações de identificação, permitindo fazer uma avaliação do método utilizado. É possível observar na Figura 15 (a) que a interface de rotulagem da câmera utilizada pelos pesquisadores é confundida com o lixo e a garrafa em si não é identificada, cometendo dois erros em uma imagem, falso positivo para interface e falso negativo para garrafa. Em (d) é identificada uma concha como lixo no lugar da lata ao fundo da imagem, novamente um FN e FP, já em (f) é possível verificar que existe a identificação do veículo como um resíduo, esse erro reflete o resultado do treinamento com os lixos metálicos, já que as partes identificadas na figura, são seme-

lhantes a latas de metal, item que consta no banco de dados. Para evitar tais erros seria interessante ampliar a classificação dos rótulos, a fim de treinar o algoritmo para diferenciar as estruturas dos veículos e as interfaces das câmeras dos detritos que são o objetivo do mesmo.

A matriz confusão a seguir corroborou o resultado obtido, mesmo utilizando um dataset relativamente pequeno e aplicando-se um método de deep learning simples, com um acerto total de 65%. Esse é um resultado importante, tendo em vista as dificuldades de analisar imagens num ambiente submerso.

**Tabela: Matriz confusão com resultados obtidos pelo algoritmo ao analisar um banco de dados de 100 imagens.**

Resultado	Lixo no Frame	
	Presente	Ausente
Positivo	55%	12%
Negativo	12%	10%



(a)

(b)

(c)



(d)

(e)

(f)



(g)

(h)

(i)

**Figura 15 - Resultados do algoritmo. (a) Identificação da interface da câmera como lixo. (b) Lata identificada com 66,7% de certeza. (c) Sacola plástica identificada com 71% de certeza. (d) Concha identificada como lixo. (e) Sacola plástica identificada com 90% de certeza. (f) Componentes do ROV sendo identificados como lixo metálico. (g) Resíduos plásticos identificados com 54,9 e 68% de certeza. (h) Identificação de um rótulo e não identificação de uma garrafa. (i) Embalagem plástica identificada.**

## 4. Conclusão

O problema da contaminação dos mares e oceanos deve ser combatido desde os incentivos à não contaminação às ações corretivas, como é o proposto no presente artigo. Foram mostrados aqui os componentes básicos para a construção de um veículo com capacidade de exploração de costas marítimas e a utilização de um método para identificação computacional de resíduos no fundo do mar.

O relativo baixo custo de produção do ROV e sua facilidade de operação, que remove a necessidade de treinamentos, o tornam uma opção viável para pesquisadores e entusiastas. A aplicação do mesmo pode ser ampliada ao instalar sensores para avaliação das condições do ambiente tais como temperatura, pH, condutividade entre outras. A construção do veículo deve passar por revisões de controle e estrutura. O Arduino, apesar de uma boa plataforma para protótipos, possui limitações que impediriam, por exemplo, embarcar o sistema de reconhecimento de imagens. As hélices utilizadas se mostraram satisfatórias para pequenas navegações, entretanto para excursões maiores, há a necessidade de substituí-las. Outro ponto a ser melhorado é o sistema de flutuação/imersão, o ideal seria utilizar uma estrutura que, com o auxílio de uma bomba, fosse preenchida de água para

realizar a descida e se esvaziasse para retorno a superfície. Esse sistema flutuação ativa garantiria uma maior estabilidade do sistema.

Foi proposto neste artigo a utilização de deep learning para a identificação de lixo, em especial plásticos e lixos metálicos, através do método Faster R-CNN. Os resultados mostraram ser possível a utilização dessa ferramenta, que possui bons resultados para diferentes ambientes, chegando a um acerto total de 65%. Existe, ainda, a necessidade de um refinamento dos dados e a aplicação de redes pré-treinadas pode ser um fator de melhora dos resultados, aproximando-os dos resultados obtidos em Fulton et al. (2018), que conseguiu uma AP de 89,1 utilizando o Faster R-CNN com auxílio da rede Inception V2.

Para trabalhos futuros, pretende-se aplicar redes pré-treinadas para melhora do resultado de predição do algoritmo, além disso desenvolver o modelo para ser utilizado numa plataforma de desenvolvimento mais robusta, como o Raspberry Pi, que seja capaz de realizar o controle do veículo e realizar o processamento das imagens simultaneamente. O veículo também deve passar por uma revisão de desenho e hidrodinâmica, buscando uma melhor distribuição de peso, sistema de flutuação e de transmissão de dados.

## 5. Agradecimentos

O dataset utilizado no presente artigo foi elaborado com auxílio das imagens contidas no J-EDI dataset que está disponível publicamente, cortesia da JAMSTEC, Japanese Agency for Marine-Earth Science and Technology. Os autores os agradecem pelos esforços em manter tal acervo disponível para pesquisadores e entusiastas.

A presente publicação foi baseada no trabalho de Conclusão de Curso elaborado pelo egresso

do curso de Engenharia Industrial Elétrica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, Campus de Salvador, Eng. Marcus Vinicius S. Rodrigues, e-mail: [marcusrodrigues2@gmail.com](mailto:marcusrodrigues2@gmail.com), sob a orientação do prof. Dr. Eduardo Telmo. F. Santos, email: [eduardot@ifba.edu.br](mailto:eduardot@ifba.edu.br), aos quais o Corpo Editorial desta Revista agradece a liberação para publicação nessa Edição. Informações técnicas mais detalhadas devem ser reportada aos autores.

### Referências

- RODRIGUES, Marcus V. S.; SANTOS, Eduardo T. Uso de Deep Learning em um Veículo operado remotamente para identificação de Lixo no Fundo do Mar. Artigo Estendido. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Industrial Elétrica, IFBA- Campus Salvador, Salvador, 2018.



# Caracterização Simplificada da Resistência e Rigidez de Clone de Eucalyptus Urophylla para uso em Projeto de Estruturas: Novo Modelo

*Linsmar Jacó Ribeiro Macêdo  
Michel Franklin de Almeida Lopes*

**Abstract:** *This article aimed to evaluate the structural characteristics of the Eucalyptus urophylla clone after genetic improvement. The testes were performed in a simplified way according to the ABNT NBR 7190 standard, applying two loading cycles with modified load profile. The results demonstrate a great potential of use of the clone of Eucalyptus urophylla in the civil construction for the design of structures.*

**Keywords:** *Mechanical Feature; parallel resistance to the fibers; charging cycle.*

**Resumo:** Este artigo objetiva avaliar as características mecânicas para utilização estrutural do clone de Eucalyptus urophylla, após melhoramento genético. Os testes foram executados de forma simplificada conforme norma ABNT NBR 7190, aplicando-se dois ciclos de carregamento com perfil de carga modificada. Os resultados demonstram o grande potencial da utilização do clone de Eucalyptus urophylla na construção civil para o projeto de estruturas.

**Palavras Chave:** Característica mecânica; resistência paralela às fibras; ciclo de carregamento.

## Introdução

A madeira de floresta plantada tem um papel preponderante na indústria Brasileira. Em 2012 o setor produziu R\$ 56,3 bilhões, contribuindo diretamente para

o resultado da balança comercial. O uso da madeira de floresta plantada na construção civil, cresce sistematicamente com o desenvolvimento de espécimes capazes de atender as

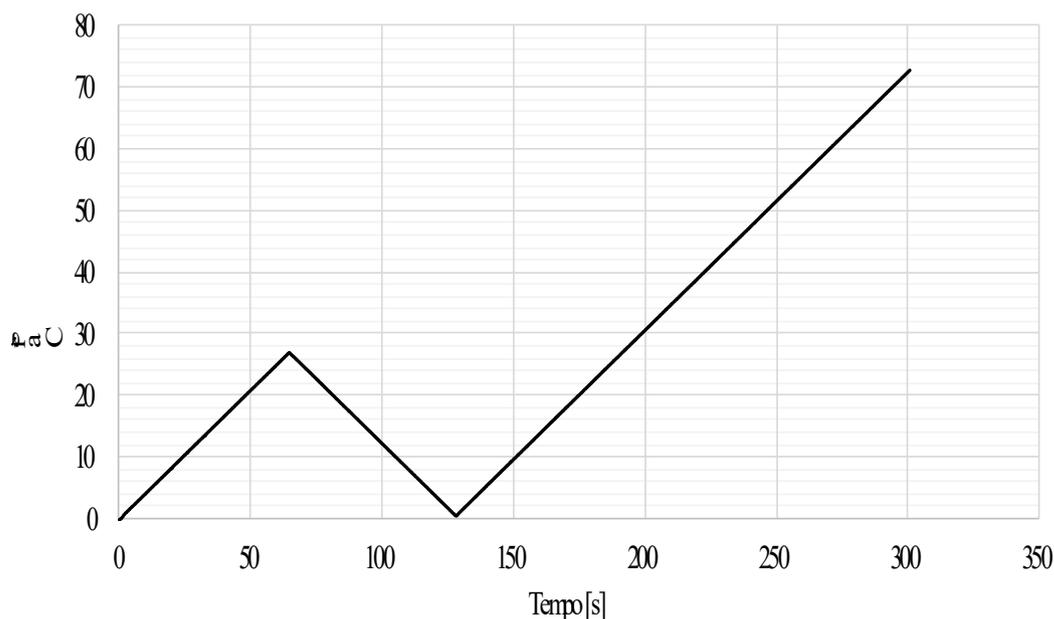
exigências de projeto. Uma destas espécies é o *Eucalyptus*, que em 2012 correspondeu a 5,1 milhões de hectare (76,6%) da área de floresta plantada. Entre as várias subespécies de *Eucalyptus* existentes no Brasil, destacamos a espécie *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake originário da Indonésia e de Timor. O início do cultivo deste espécime, no Brasil, data de antes de 1919. Desde então o *Eucalyptus urophylla* foi experimentado em grande parte do Brasil, sendo que esta espécie possui a maior estabilidade genética dentre as espécies de eucaliptos, e resistência a doenças, em particular ao fungo causador do cancro do eucalipto. Esta demanda crescente leva a iniciativas constantes em busca de uma madeira com melhores características físico-químicas, produção em grande escala em um tempo reduzido, originando os clones modificados geneticamente de vários espécimes de eucaliptos,

destaca-se o clone de *Eucalyptus urophylla* na vanguarda deste movimento. Para caracterização completa das propriedades destas madeiras para uso em estruturas a norma ABNT NBR 7190 determina metodologias para a execução de onze tipos de ensaios diferentes. Contudo, há a possibilidade de uma caracterização simplificada, realizando apenas o ensaio de compressão paralela às fibras com dois ciclos de carregamento e um ciclo final. Entretanto, o estudo conduzido por em vários tipos de materiais lenhosos, inclusive o eucalipto, demonstra que o terceiro ciclo de carregamento é desnecessário.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar se os resultados da caracterização simplificada da resistência e rigidez do clone 1404 de *Eucalyptus urophylla* são afetados durante dois ciclos de carregamento quando o perfil da curva de carga é modificado.

## Material Métodos

Foi realizado o ensaio de compressão paralela às fibras para caracterização simplificada do clone de 1404 de *Eucalyptus urophylla* com dois ciclos de carregamento conforme apresentado na Figura 1.



**Figura 1 - Ciclo de carregamento utilizado no ensaio de compressão paralela às fibras.**

A madeira ensaiada foi doação da empresa Venturoli, localizada em Vila de Abrantes, Camaçari-BA. A madeira é originária do clone 1404 de Eucalyptus urophylla, com 5 anos de idade, cultivado na região de Alagoinhas-BA. Foram retirados de forma aleatória 14 corpos de prova majoritariamente do cerne da madeira no sentido longitudinal às fibras. Os troncos originalmente possuíam de 10,0 cm a 14,0 cm de diâmetro e 6,0 metros de comprimento, com baixo índice de conicidade. Os corpos de prova foram confeccionados com as dimensões de 5,0 x 5,0 x 15,0 cm. Foi realizado um ensaio preliminar para se determinar a carga de ruptura da madeira, sendo utilizado a metade deste valor (27,0 kN) para o limite do primeiro ciclo. Foi utilizada a taxa de carregamento e descarregamento de 10,0 MPa/minuto. O ensaio foi realizado em uma máquina universal de ensaios com sistema de aquisição de dados automatizado, modelo HDX 1000 da INSTRON, instalada no Laboratório de Construção e Estruturas S.P. Timoshenko, situado no prédio da escola politécnica da Universidade Federal da Bahia, na cidade de Salvador - BA. As medidas de deslocamento transversais foram realizadas pela própria instrumentação da máquina com precisão de 0,00001 mm. Os corpos de prova apresentavam umidade em equilíbrio com o ambiente de 20,0%.

A partir dos resultados do ensaio de compressão paralela às fibras foi determinado o módulo de resistência e elasticidade da madeira. A resistência à compressão foi determinada:

$$f_{c0} = (F_{c0,m\acute{a}x}/A) \cdot 10^6$$

Em que:  $f_{c0}$  = à compressão paralela às fibras, em megapascals;  $F_{c0,m\acute{a}x}$  = máxima força de compressão aplicada ao corpo de prova durante o ensaio, em newtons;  $A$  = área inicial da secção transversal comprimida, em metros quadrados.

O módulo de elasticidade foi determinado pela inclinação da reta secante à curva tensão vs deformação.

As resistências obtidas foram corrigidas para 12% conforme segue:

Correção da resistência a compressão:

$$f_{c12\%} = f_{c20\%} \{1 + [3 \cdot (U\% - 12)/100]\}$$

Em que:  $f_{c12\%}$  = compressão paralela às fibras, em megapascals na umidade de 12%;  $f_{c20\%}$  = resistência à compressão paralela às fibras, em megapascals na umidade de 20% (ensaio);  $U$  = umidade de ensaio de 20%.

Correção da rigidez a compressão:

$$E_{c12\%} = E_{c20\%} \{1 + [2 \cdot (U\% - 12)/100]\}$$

Em que:  $E_{c12\%}$  = à compressão paralela às fibras, em megapascals na umidade de 12%;  $E_{c20\%}$  = rigidez à compressão paralela às fibras, em megapascals na umidade de 20% (ensaio);  $U$  = umidade de ensaio de 20%.

## Resultado e Discussão

A Tabela 1 apresenta os valores médios encontrados durante o ensaio de compressão paralela às fibras. São apresentados os dados com a umidade durante o ensaio e a umidade corrigida para o valor de referência de 12% para fins de comparação e análise com outros resultados já publicados.

### Clonal 1404 *Eucalyptus urophylla*

	12% UMIDADE			20,0% UMIDADE		
	Valor Inferior	Valor Médio	Valor Superior	Valor Inferior	Valor Médio	Valor Superior
$f_{c0}$ (MPa)	28,24	37,62	45,26	22,77	30,34	36,50
$E_{c0}$ (MPa)	4.152,80	5.654,17	7.400,80	3.580,00	4.874,29	6.380,00

**Tabela 1 - Valores para a resistência à compressão paralela às fibras ( $f_c$ ) e módulo de elasticidade ( $E_c$ ) do clone 1404 de *Eucalyptus urophylla*.**

Em que:  $f_{c0}$  = Resistência a compressão paralela às fibras;  $E_{c0}$  = Rigidez a compressão.

Na Tabela 2 temos os valores encontrados por e os informados pela ABNT NBR 7190 (1997) para espécime sem modificação genética de *Eucalyptus urophylla*, bem como os valores registrados por para um clone de *Eucalyptus urophylla*.

Podemos verificar que os valores médios apresentados para as amostras ensaiadas em relação aos valores encontrados por apresentam uma variação média de 32%, o que é um valor elevado para comparação entre os resultados. utilizou a metodologia de ensaio determinada no que apresenta um carregamento monocíclico. Condição que difere do carregamento emposto no presente experimento com dois ciclos de carregamento do corpo de prova.

Para avaliarmos a influência do ciclo de

carregamento entre espécimes não clonadas de *Eucalyptus urophylla* comparamos os valores médios de compressão paralela às fibras publicados por e os informados pela ABNT NBR 7190 (1997). Os resultados demonstram uma variação ainda maior do que no ensaio com clones. utiliza um carregamento monocíclico com um taxa de 67,0 N/m<sup>2</sup>/s, o que equivale a 0,00402 MPa/min contra os 10,0 MPa/min utilizado pela ABNT NBR 7190 (1997). Uma taxa extremamente lenta, que confere o material condições de acomodamento superiores ao imposto no carregamento de 10,0 MPa/min.

As características mecânicas entre amostras do mesmo gênero, sendo eles clones ou matrizes de *Eucalyptus urophylla* não apresentam divergências significativas entre as características mecânicas necessárias a caracterização da madeira conforme valores já publicados .

**Tabela 2 - Valores para a resistência à compressão paralela às fibras ( $f_c$ ) e módulo de elasticidade ( $E_c$ ) do clone *Eucalyptus urophylla* e amostras não clonadas.**

<b>Trugilho et al - Clone <i>Eucalyptus urophylla</i></b>						
12% UMIDADE						
	Valor Inferior	Valor Médio	Valor Superior			
$f_{c0}$ (MPa)	-	48,65	-			
$E_{c0}$ (MPa)	-	7.644,27	-			

<b>ABNT NBR 7190 <i>Eucalyptus urophylla</i></b>						
12% UMIDADE						
	Valor Inferior	Valor Médio	Valor Superior			
$f_{c0}$ (MPa)	-	46,00	-			
$E_{c0}$ (MPa)	-	13.166,00	-			

<b>Júnior e García <i>Eucalyptus urophylla</i></b>						
12% UMIDADE			14,5% UMIDADE			
	Valor Inferior	Valor Médio	Valor Superior	Valor Inferior	Valor Médio	Valor Superior
$f_{c0}$ (MPa)	45,35	69,17	90,45	42,19	64,34	84,14
$E_{c0}$ (MPa)	-	-	-	-	-	-

Em que:  $f_{c0}$  = Resistência a compressão paralela às fibras;  $E_{c0}$  = Rigidez a compressão.

## Conclusão

Baseado nos resultados para a madeira de clone Eucalyptus urophylla foram formuladas as seguintes conclusões:

Devido à grande variação (média de 32%) dos resultados apresentados é necessário conduzir mais ensaios reduzindo o número de variáveis de influência. Devem ser testados clones com mesmo material lenhoso com os seguintes ciclos de carregamento:

- Dois ciclos de carregamento, conforme modelo na norma ABNT NBR 7190;
- Dois ciclos de carregamento, conforme Figura 1 deste artigo.

A madeira apresenta boa rigidez e resistência a compressão paralela às fibras, podendo ser enquadrada na classe de resistência das dicotiledôneas C20, conforme ABNT NBR 7190;

E-mails de contato dos autores:

[jaco\\_mac@hotmail.com](mailto:jaco_mac@hotmail.com)

[michelfal@yahoo.com.br](mailto:michelfal@yahoo.com.br)

### Referências

- ABNT. NBR 7190 - Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ABRAF. Anuário estatístico ABRAF 2013 ano base 2012. Brasília: ABRAF, 2013.
- ADORNO, M. D. F. C.; GARCIA, J. N. Correlações lineares entre as principais características tecnológicas da madeira de clones de Eucalyptus grandis e Eucalyptus urophylla. *Scientia Forestalis*, n. 63, p. 44–53, 2003.
- ASTM. ASTM D 143 - Standard Test Methods for Small Clear Specimens of Timber. Pensilvânia: ASTM, 2000.
- EVANGELISTA, W. V. et al. Propriedades físico-mecânicas da madeira de Eucalyptus urophylla S.T. Blake no sentido radial e longitudinal. *Ciência da Madeira*, v. 1, n. 2, p. 1–19, 2010.
- JUNIOR, L. S.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de Eucalyptus urophylla. *Scientia Forestalis*, n. 65, p. 120–129, 2004.
- MORALES, E. A. M. Determinação do Módulo de Elasticidade da Madeira: Proposta para Simplificação de Procedimentos Metodológicos. 2002. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia dos Materiais) - Universidade de São Paulo. São Carlos, 2002.
- MOURA, V. P. G. O Germoplasma de EUCALYPTUS UROPHYLLA S. T. BLAKE no Brasil. Brasília: EMBRAPA, 2004.
- TRUGILHO, P. F. et al. Qualidade da madeira de clones de espécies e híbridos naturais de Eucalyptus. *Scientia Forestalis*, n. 73, p. 55–62, 2007.



# Dimensionamento de Transformador

Gustavo Páez Ortega

O dimensionamento de um transformador deve atender às exigências da carga com eficiência energética.

Designando por  $D$ , a carga ou demanda do transformador em kVA e por  $S_t$ , a potência normalizada do transformador em kVA, determina-se o carregamento do transformador, designado por  $\lambda$ , como

$$\lambda = \frac{D}{S_t} [p.u.]$$

Com isso, a relação mais econômica relative às perdas do transformador deve ser, portanto,

$$r_p = \frac{P_c}{P_o} = \frac{1}{\lambda^2} [p.u.]$$

Onde

**$P_c$** : Perdas em carga do transformador e

**$P_o$** : Perdas a vazio do transformador

Seja  **$V_p$**  a tensão primária do transformador trifásico e  **$V_s$**  a sua tensão secundária, dadas em **kV**, os módulos das correntes de linha do transformador trifásico serão,

- Para a corrente primária

$$I_p = \frac{S_t}{\sqrt{3} \cdot V_p} [A]$$

- E para a corrente secundária,

$$I_s = \frac{S_t}{\sqrt{3} \cdot V_s} [A]$$

A corrente a vazio do transformador é determinada em função da corrente nominal, como um valor percentual desta, ou seja,  $I_0$  em %; além disso, determina-se o fator de potência a vazio do transformador,  $\cos\theta_0$ .

A corrente a vazio do transformador trifásico dada em ampères, do lado primário, será portanto,

$$I_0 = \left( \frac{I_0\%}{100} \cdot \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot V_p} \right) \angle \arccos \theta_0 [A]$$

Ou, do lado secundário,

$$I_0 = \left( \frac{I_0\%}{100} \cdot \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot V_s} \right) \angle \arccos \theta_0 [A]$$

Nas duas equações as tensões  $V_p$  e  $V_s$  estão em  $kV$ .

Como no ensaio em vazio do transformador, energiza-se preferencialmente o lado de menor tensão, em um transformador abaixador este ensaio costumeiramente é feito energizando-se o secundário, deixando em vazio o lado primário.

Com os valores de tensão em volts e corrente em ampères, procede-se ao cálculo da potência em vazio do transformador, dada por:

$$S_0 = \sqrt{3} \cdot V_s \cdot \angle \theta_0 \cdot I_0 \angle \theta_0^* \Rightarrow S_0 = P_0 + jQ_0$$

A determinação da potência ativa relativa à perda em vazio do transformador  $P_0$ , permite o cálculo da potência ativa relativa à perda ativa em carga  $P_c$ , ou seja:

$$P_c = rp \cdot P_0$$

Para o cálculo e determinação dos outros parâmetros equivalentes do transformador deve-se conhecer a tensão de ensaio em carga, ou tensão de curto circuito, e as correntes nominais dos enrolamentos primário e secundário.

A tensão de curto circuito  $V_{cc}$  ou tensão do ensaio em carga corresponde a um percentual

da tensão nominal do enrolamento ligado à fonte de energia. Esse percentual corresponde à impedância percentual do transformador.

O ensaio em carga do transformador é feito normalmente energizando-se o lado de maior tensão, com uma tensão reduzida, que corresponde a um percentual da tensão nominal do enrolamento e curto-circuitando-se o lado de menor tensão, fazendo circular - por um curtíssimo período de tempo - as correntes nominais nos enrolamentos do transformador.

Para um transformador trifásico abaixador, o módulo da corrente primária é dado por

$$|I_p| = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot V_p} [A]$$

A resistência ôhmica equivalente do transformador é,

$$R_\Omega = \frac{P_c}{3 \cdot I_p^2} [\Omega]$$

A resistência equivalente em por unidade (p.u) do transformador é dada por

$$R_{p.u.} = R_\Omega \cdot \frac{S_T [MVA]}{V_p^2 [kV]} [p.u.] e$$

a resistencia equivalente em por cento do transformador é,

$$R\% = \frac{P_c [Watt]}{S_T [VA]} \cdot 100 [\%]$$

A impedância ôhmica equivalente do transformador é, portanto,

$$Z_\Omega = \frac{V_{cc}}{\sqrt{3} \cdot I_p} [\Omega]$$

A impedância equivalente em por unidade do transformador é,

$$Z_{p.u.} = Z_\Omega \cdot \frac{S_T [MVA]}{V_p^2 [kV]} [p.u.] e$$

a impedância equivalente em por cento do transformador é,

$$Z\% = \frac{V_{cc} [\text{Volts}]}{V_p [\text{Volts}]} \cdot 100 [\%]$$

A reatância ôhmica equivalente do transformador é,

$$X_{\Omega} = \sqrt{Z_{\Omega}^2 - R_{\Omega}^2} [\Omega]$$

A reatância equivalente em por unidade do transformador é,

$$X_{p.u.} = X_{\Omega} \cdot \frac{S_t [\text{MVA}]}{V_p^2 [\text{kV}]} [p.u.] e$$

a reatância equivalente em por cento do transformador é,

$$X\% = X_{p.u.} \cdot 100 [\%]$$

Desta forma a impedância do transformador na sua própria base de potência é dada por:

$$Z_t = Z_{\Omega} \angle \arctg \left( \frac{X_{\Omega}}{R_{\Omega}} \right) [\Omega]$$

$$\Rightarrow Z_{p.u.} = Z_{\Omega} \angle \arctg \left( \frac{X_{\Omega}}{R_{\Omega}} \right) \cdot \left( \frac{S_t [\text{MVA}]}{V_p^2 [\text{kV}]} \right) [p.u.]$$

A regulação em por unidade do transformador fica como,

$$Reg_{pu} = \sqrt{(R_{pu} + \cos \varphi)^2 + (X_{pu} + \sin \varphi)^2} - 1 [p.u.]$$

Sendo  $\cos \varphi$  o fator de potência da carga, a regulação percentual do transformador é dada então por

$$Reg\% = \left( \sqrt{(R_{pu} + \cos \varphi)^2 + (X_{pu} + \sin \varphi)^2} - 1 \right) \cdot 100$$

O rendimento do transformador em por unidade é,

$$\eta_{p.u.} = \frac{S_{qru} \cdot \cos \varphi}{S_{qru} \cdot \cos \varphi + P_{qru} + I_{p.u.}^2 \cdot R_{pu}} [p.u.]$$

e o rendimento do transformador em percentual é

$$\eta\% = \left( \frac{S_{qru} \cdot \cos \varphi}{S_{qru} \cdot \cos \varphi + P_{qru} + I_{p.u.}^2 \cdot R_{pu}} \right) \cdot 100$$

### Exemplo:

Dimensionar um transformador para uma carga de 260,80 kW com fator de potência 0,8 e tensão trifásica de 380 Volts. A tensão primária de suprimento da concessionária é de 13,8 kV.

### Resolução:

a. A demanda de potência em kVA é,

$$D = \frac{kW}{\cos \varphi} = \frac{260,8}{0,8} = 326 \text{ kVA}$$

b. A potência normalizada de transformador mais adequada à esta carga é

$$S_t = 500 \text{ kVA}$$

c. O carregamento do transformador é,

$$\lambda = \frac{D}{S_t} = \frac{326}{500} = 0,652 \text{ p.u.}$$

d. Assim relação mais econômica das perdas do transformador é,

$$rp = \frac{P_c}{P_o} = \frac{1}{\lambda^2} = \frac{1}{0,652^2} = 2,352 \text{ p.u.}$$

e. O transformador escolhido de 500 kVA apresenta:

Corrente de excitação:

$$I_o = 0,85\%$$

Fator de potência em vazio:

$$\cos \theta_o = 0,16$$

Impedância:

$$Z = 3\%$$

f. A corrente em vazio do transformador é,

$$I_o = \left( \frac{I_o\%}{100} \cdot \frac{S_t}{\sqrt{3} \cdot V_s} \right) \angle \arccos \theta_o = \left( \frac{0,85}{100} \cdot \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 0,38} \right) \angle \arccos 0,16$$

$$I_o = 6,457 \angle -80,79^\circ A$$

g. Daqui, a potência em vazio do transformador é,

$$\begin{aligned} S_o &= \sqrt{3} \cdot V_s \cdot \angle 0^\circ \cdot I_o \angle \theta_o^* = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot \angle 0^\circ \cdot 6,457 \angle -80,79^\circ * \\ S_o &= 4250,0 \angle 80,79^\circ VA \\ \Rightarrow P_o &= 680 \text{Watts}; Q_o = 4195,25 \text{VAR} \end{aligned}$$

h. Calcula-se então a potência de perda em carga do transformador, como,

$$P_c = r_p \cdot P_o = 2,352 \cdot 680 = 1599,61 \text{Watts}$$

i. O módulo da corrente primária é,

$$|I_p| = \frac{S_t}{\sqrt{3} \cdot V_p} = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 13,8} = 20,92 A$$

j. Cálculo da resistência ôhmica equivalente do transformador,

$$R_\Omega = \frac{P_c}{3 \cdot I_p^2} = \frac{1599,61}{3 \cdot 20,92^2} = 1,2185 \Omega$$

k. Daqui a resistência equivalente do transformador em por unidade é,

$$R_{p.u.} = R_\Omega \cdot \frac{S_t [MVA]}{V_p^2 [kV]} = 1,2185 \cdot \frac{0,5}{13,8^2} = 0,0032 \text{ p.u.}$$

l. E a resistência equivalente do transformador em por cento é,

$$R\% = \frac{P_c [\text{Watts}]}{S_t [VA]} \cdot 100 = \frac{1599,61}{500 \cdot 10^3} \cdot 100 = 0,32\%$$

m. Cálculo da impedância ôhmica equivalente do transformador.

Sendo a impedância percentual do transformador igual a 3%, tem-se que,

$$V_{cc} = \frac{Z\%}{100} \cdot V_p = \frac{3}{100} \cdot 13800 = 414,0V$$

Logo,

$$Z_\Omega = \frac{V_{cc}}{\sqrt{3} \cdot I_p} = \frac{414,0}{\sqrt{3} \cdot 20,92} = 11,43 \Omega$$

n. Desta forma a impedância equivalente do transformador em por unidade é,

$$Z_{p.u.} = Z_{\Omega} \cdot \frac{S_t [MVA]}{V_p^2 [kV]} = 11,43 \Omega \cdot \frac{0,5}{13,8^2}$$

o. E a impedância equivalente do transformador em por cento é,

$$Z_{\%} = \frac{V_{cc} [volts]}{V_p [volts]} \cdot 100 = \frac{414,0}{13800} \cdot 100 = 3\%$$

p. A reatância ôhmica equivalente do transformador é,

$$X_{\Omega} = \sqrt{Z_{\Omega}^2 - R_{\Omega}^2} = \sqrt{11,43^2 - 1,2185^2} = 11,361 \Omega$$

q. A reatância equivalente em por unidade do transformador é,

$$X_{p.u.} = X_{\Omega} \cdot \frac{S_t [MVA]}{V_p^2 [kV]} = 11,361 \cdot \frac{0,5}{13,8^2} = 0,0298 p.u.$$

r. A reatância equivalente em por cento do transformador é,

$$X_{\%} = X_{p.u.} \cdot 100 = 0,0298 \cdot 100 = 2,98\%$$

s. Então a impedância do transformador na sua própria base de potência é,

$$Z_t = Z_{\Omega} \angle \arctg \left( \frac{X_{\Omega}}{R_{\Omega}} \right) = 11,43 \angle \arctg \left( \frac{11,361}{1,2185} \right)$$

$$Z_t = 11,43 \angle 83,88^{\circ} \Omega @ 500 kVA$$

$$\Rightarrow Z_t = Z_{\Omega} \angle \arctg \left( \frac{X_{\Omega}}{R_{\Omega}} \right) \cdot \left( \frac{S_t [MVA]}{V_p^2 [kV]} \right) = 11,43 \angle 83,88^{\circ} \cdot \left( \frac{0,5}{13,8^2} \right)$$

$$\Rightarrow Z_{tp.u.} = Z_{\Omega} \angle \arctg \left( \frac{X_{\Omega}}{R_{\Omega}} \right) \cdot \left( \frac{S_t [MVA]}{V_p^2 [kV]} \right) = 11,43 \angle 83,88^{\circ} \cdot \left( \frac{0,5}{13,8^2} \right)$$

$$Z_{tp.u.} = 0,03 \angle 83,88^{\circ} p.u. @ 500 kVA$$

t. A regulação em por unidade do transformador fica como

$$Re g_{pu} = \sqrt{(R_{pu} + \cos \varphi)^2 + (X_{pu} + \sen \varphi)^2} - 1 [p.u.]$$

$$Re g_{pu} = \sqrt{(0,0032 + 0,8)^2 + [0,0298 + \sen(\arccos 0,8)]^2} - 1 = 0,0207 p.u.$$

Sendo  $\cos\varphi$  da carga igual a **0,8**,

$$Re\ g_{\%} = Re\ g_{pu} \cdot 100 = 0,0207 \cdot 100 = 2,0683\%$$

u. Ao melhorar o fator de potência da carga para 0,95, a regulação do transformador fica

$$Re\ g_{pu} = \sqrt{(0,0032 + 0,95)^2 + [0,0298 + \text{sen}(\arccos 0,95)]^2} - 1 = 0,0127\ p.u.$$

$$Re\ g_{\%} = Re\ g_{pu} \cdot 100 = 0,0127 \cdot 100 = 1,2722\%$$

v. O rendimento do transformador em por unidade para o carregamento de,

$$\lambda = \frac{D}{S_t} = \frac{326}{500} = 0,652\ p.u. \text{ ou}$$

$$\lambda\% = \lambda\ p.u. \cdot 100 = 65,2\%$$

w. O rendimento do transformador para esse carregamento em por unidade é,

$$\eta_{p.u.} = \frac{S_{tpu} \cdot \cos\varphi}{S_{tpu} \cdot \cos\varphi + P_{opu} + I_{p.u.}^2 \cdot R_{pu}} [p.u.]$$

$$\eta_{p.u.} = \frac{1 \cdot 0,8}{1 \cdot 0,8 + 0,00136 + 0,652^2 \cdot 0,003199} = 0,9966\ p.u$$

e o rendimento do transformador para esse mesmo carregamento em percentual é

$$\eta_{\%} = \eta_{p.u.} \cdot 100 = 0,9966 \cdot 100 = 99,66\%$$

### Verificação da razão de perdas

A perda momentânea no cobre ou em carga " $p_{cu}$ " é proporcional ao quadrado da corrente de carga momentânea " $i$ ". Esta corrente pode ser expressa em função das perdas no cobre conhecidas a plena carga e da corrente conhecida de plena carga como,

$$p_{cu} = P_c \cdot \left( \frac{i}{I_n} \right)^2$$

Onde:

$p_{cu}$ : perda momentânea no cobre.

$P_c$ : perdas conhecidas no cobre a plena carga.

$I_n$ : corrente nominal do Transformador a plena carga

$i$ : corrente de carga momentânea

A perda total anual de energia no cobre é dada por

$$\xi_{cu} = \int_0^{8760} p_{cu} \cdot dt \quad \xi_{cu} = \frac{P_c}{I_n^2} \cdot \int_0^{8760} i^2 \cdot dt$$

Sendo  $I_a$  o valor eficaz da corrente de carga anual cujo valor é,

$$I_a = \sqrt{\frac{1}{8760} \cdot \int_0^{8760} i^2 \cdot dt} \quad \int_0^{8760} i \cdot dt = 8760 \cdot I_c^2$$

Tem-se, então, que as perdas anuais de energia em carga ou no cobre no Transformador ficam,

$$\xi_{acu} = 8760 \cdot \left( \frac{I_a}{I_n} \right)^2 \cdot P_c [kWh]$$

Onde:

$I_a$ : corrente eficaz da carga ligada em um ano

$I_n$ : corrente nominal de plena carga

$P_c$ : perdas no cobre em kW a corrente nominal de plena carga

**8760**: número de horas no ano.

As perdas anuais no ferro ficam,

$$\xi_{afe} = 8760 \cdot P_o [kWh]$$

sendo  $P_o$  o valor das perdas em vazio em **kW** do transformador.

As perdas totais de energia durante o ano ficam,

$$\xi_a = \xi_{acu} + \xi_{afe} = 8760 \cdot \left[ \left( \frac{I_a}{I_n} \right)^2 \cdot P_c + P_o \right]$$

Nesta equação designa-se por  $\lambda$  a razão  $\frac{I_a}{I_n}$

Assim, a equação fica:

$$\xi_a = 8760 \cdot (\lambda^2 \cdot P_c + P_o)$$

Por analogia e supondo a tensão constante,  $\lambda$  representa a razão de carregamento do transformador como,

$$\lambda = \frac{\text{Demanda máxima em kVA}}{\text{Potência do Transformador em kVA}}$$

Assim a expressão que representa as perdas totais de energia no transformador num determinado período de tempo " $t$ " é,

$$\xi_a = \int_0^t (\lambda^2 \cdot P_c + P_o) \cdot dt$$

Considerando que " $K$ " é o custo da energia, em R\$/kWh, a equação das perdas de energia no transformador em um período " $t$ ", a expressão do custo dessas perdas pode ser escrito como,

$$Q = \int_0^t \left[ K \cdot (\lambda^2 \cdot P_c + P_o) \right] \cdot dt$$

Ao considerar uma taxa de juros de " $x$ " em p.u., ao ano, e integrando no período de tempo, tem-se o custo das perdas no Transformador a valor presente e a equação fica

$$Q = \int_0^t \frac{\left[ K \cdot (\lambda^2 \cdot P_c + P_o) \right]}{(1+x)^t} \cdot dt$$

Ou

$$Q = \int_0^t \left[ K \cdot (\lambda^2 \cdot P_c + P_o) \cdot (1+x)^{-t} \right] \cdot dt$$

Para o transformador em análise considerando que:

- A tarifa de energia elétrica tem um custo de  $K = \text{R\$ } 0,20662$  por kWh e uma majoração de **10%** ao ano
- A vida útil do transformador é de 30 anos, tem-se:

$$y = 1 + x \quad e \quad y^{8760} = 1,10$$

Onde

$y$ : período de tempo definido

$x$ : é a taxa de juros que ajusta do valor da tarifa de energia.

Então

$$8760 \cdot \log(10) = \log(1,10)$$

$$\log(10) = \frac{\log(1,10)}{8760} = 0,00000472519$$

Assim

$$y = 10^{0,00000472519} = 1,00001088022$$

$$x = y - 1 \Rightarrow x = 0,00001088022$$

Como as horas de vida útil do transformador são

$$t = 8760 \cdot 30 = 262800,00 \text{ horas}$$

o custo da energia devido às perdas durante a vida útil do transformador é dado por

$$Q = \int_0^t \left[ (K \cdot P_o) \cdot (1+x)^{-t} \right] \cdot dt + \int_0^t \left[ (K \cdot \lambda^2 \cdot P_c) \cdot (1+x)^{-t} \right] \cdot dt$$

Para facilitar os cálculos, adota-se o produto das perdas como sendo

$$L = P_o \cdot P_c \Rightarrow P_c = \frac{L}{P_o}$$

Assim, a equação do custo da energia devido às perdas durante a vida útil do transformador fica

$$Q = \int_0^{262200} \left[ (K \cdot P_o) \cdot (1+x)^{-t} \right] \cdot dt + \int_0^{262200} \left[ \left( K \cdot \lambda^2 \cdot \frac{L}{P_o} \right) \cdot (1+x)^{-t} \right] \cdot dt$$

Fazendo a integração por partes e com os respectivos valores têm-se,

$$Q_o = \int_0^{262200} \left[ (0,20662 \cdot P_o) \cdot (1+0,00001088022)^{-262200} \right] \cdot dt = 17901,90 \cdot P_o$$

$$Q_c = \int_0^{262200} \left[ \left( 0,20662 \cdot 0,652^2 \cdot \frac{L}{P_o} \right) \cdot (1+0,00001088022)^{-262200} \right] \cdot dt = 7610,17 \cdot \frac{L}{P_o}$$

Desta forma a equação do custo das perdas de energia do transformador durante sua vida útil é

$$Q = 17901,90 \cdot P_o + 7610,17 \cdot \frac{L}{P_o}$$

O custo mínimo das perdas do transformador dar-se-á quando

$$\frac{dQ}{dP_o} = 0$$

$$\Rightarrow 17901,90 - \frac{7610,17 \cdot L}{P_o^2} = 0$$

Então a relação de perdas mais econômica é

$$\frac{17901,90}{7610,17} = \frac{L}{P_o^2} = 2,352 \cdot \frac{P_o \cdot P_c}{P_o^2} \text{ ou}$$

$$rp = \frac{P_c}{P_o} = 2,352$$

que é a relação calculada anteriormente.

### **Critérios para o Julgamento das propostas para compra de Transformadores**

Ao preço ofertado "Vc" para compra de um Transformador deverá ser acrescido o custo das perdas de energia ao longo da sua vida útil, trazido a valor presente. Assim sendo, o valor total do transformador será

$$V_t = V_c + Q$$

Onde,

$V_t$ : Valor total do Transformador

$V_c$ : Preço do Transformador ofertado pelo fabricante

$Q$ : Custo das perdas do Transformador durante sua vida útil referidas a valor presente.

Sendo que as perdas totais no transformador são dadas por

$$P_t = P_o + P_c \Rightarrow P_c = P_t - P_o$$

Como na equação do custo das perdas de energia do transformador na sua vida útil,

$$P_c = \frac{L}{P_o}$$

tem-se:

$$Q = 17901,90 \cdot P_o + 7610,17 \cdot (P_t - P_o)$$

Então, para efeito de julgamento das propostas dos transformadores de força o custo das perdas a ser acrescido ao preço de cada unidade será calculado pela equação:

$$Q = 10291,73 \cdot P_o + 7610,17 \cdot P_t \quad \text{em Reais}$$

Onde

$Q$ : acréscimo do custo devido às perdas em Reais

$P_o$ : perdas em vazio em **kW**

$P_t$ : perdas totais em **kW** a potência nominal com ventilação natural ONAN, e  $\cos\phi=1$

Caso os valores de  $P_o$  e/ou  $P_t$  definidos anteriormente, obtidos nos ensaios do Transformador sejam superiores aos valores garantidos, aplicar-se-á uma multa de 5 vezes os valores aplicados para análise.

O valor da multa a ser aplicada por unidade sera de:

$$Q_1 = 51458,66 \cdot (P_{o1} - P_o)$$

$$Q_2 = 38050,85 \cdot (P_{t1} - P_t)$$

Onde:

$P_{o1}$  e  $P_{t1}$  são os valores obtidos nos ensaios

$Q_1$  e  $Q_2$  valor da multa em reais.



# Novos Tempos: antigas tecnologias revisitadas, alavanca de desenvolvimento

*Caiuby Alves da Costa*

## 1. Introdução

**N**o Brasil de desenvolvimento desigual, onde coexistem tecnologicamente lâmpadas LED e lampiões de FIFO, as antigas tecnologias revisitadas podem proporcionar, certamente, a alavanca necessária para mover a rocha da desigualdade e deixar fluir o desenvolvimento tecnológico, ainda que tardio, às regiões das periferias metropolitanas e no interior desse nosso país cuja população se concentra (83,7%) nas grandes metrópoles e nas sedes dos municípios. Junto ao desenvolvimento desigual, tem-se paralelamente condições sociais desiguais, expressas pelos diversos índices de GINI (0,438 a 0,554) e IDH (0,862 a 0,418) dos 5.570 municípios brasileiros

Falar de antigas tecnologias à luz dos recursos e conhecimentos atuais significa:

- Proporcionar, através de princípios técnico-científicos básicos, ao alcance de grande parte da população e de fácil aplicação prática, o uso de materiais facilmente disponíveis ou de sucatas de equipamentos, que são matérias-primas de baixo custo;
- Buscar o retorno às atividades de ensino tipo mão na massa e o olhar das pessoas ao mundo em que vivemos. Um retorno à velha observação da natureza, da época de Galileu;
- Lembrar as palavras de Arquimedes: “Dê-me um ponto de apoio e uma alavanca que moverei o mundo”.

## 2. Potencialidades e Demandas

O Brasil e a Bahia, em particular, dispõem de vastos recursos naturais, de um mercado potencial com milhões de pessoas, uma pujante agroindústria e um parque industrial bem diversificado. Em termos absolutos, a Bahia tem a maior população rural do Brasil: o Brasil ocupa um território de 8.515.000km<sup>2</sup> e possui um contorno litorâneo de 9.200km, enquanto que a Bahia possui área de 567.295km<sup>2</sup> e litoral de 1.100km, com grandes reservas minerais e elevado potencial solar, eólico e hídrico, além

de oito biomas e várias microbacias. Na Bahia 72% da população está na área urbana.

Sob o ponto de vista de infraestrutura, onde o fornecimento de água tratada não é universal e a maior parte do esgoto ainda é jogada na natureza sem qualquer tratamento, há muitas demandas não atendidas nas áreas de saneamento básico, energia elétrica, telecomunicações, logística, armazenamento e transporte, além do estado do suporte dos vários modais ser precário. Há, portanto, muito a fazer.

## 3. As Antigas Tecnologias e o Desenvolvimento

As antigas tecnologias são caracterizadas pela utilização das denominadas Máquinas Simples: alavanca, rosca, plano inclinado, polia (fixa e móvel), roda e eixo, além de antigos instrumentos de medição: bússola, régua, esquadro, nível, prumo, trena, entre outros. (Figura 1)



Figura 1

Essas máquinas simples originaram ferramentas como o Tirfor e o Cadernal (Figura 2), que permitem medições de campo e a produção de soluções de engenharia a baixo custo, empregando materiais recuperados ou naturais da região, com mão de obra local, sob a supervisão de um profissional habilitado, alavancando o desenvolvimento da região; Como consequência desse desenvolvimento, melhoram significativamente os índices sociais

e a arrecadação municipal, tornando o indivíduo, um cidadão.



Figura 2

Deve-se atentar para a necessidade de que o conhecimento levado através da aplicação de antigas tecnologias revisitadas, deve ser solidamente ancorado na formação do conhecimento, pela ampliação do ensino nas escolas existentes, ou ainda pela criação de escolas e centros tecnológicos nas regiões onde houver sua aplicação. Isso significa formar quadros de técnicos e gestores, para que haja continuidade e ampliação das atividades desenvolvidas.

## 4. Métodos Expeditos de Mensuração e sua Aplicação

O uso desses instrumentos e ferramentas simples possibilitam a medição de áreas, a determinação de curvas de nível, a determinação de vazão de rios, riachos e nascentes e ainda, o fechamento da poligonal

de terrenos. É importante considerar que tecnologias como o GPS, os DRONES e outros equipamentos, embora disponíveis, têm custos associados elevados e dependem da disponibilidade de um profissional para operá-

los, além das condições de acesso e de manutenção. O uso dos métodos expeditos de mensuração facilita a realização das mensurações necessárias a baixo custo em regiões onde esses recursos não estão disponíveis.

#### 4.1 Medição de Desnível

Para a medição de vazão os métodos expeditos mais utilizados são o método do volume-tempo e

o método do flutuador. O primeiro se aplica a pequenos cursos d'água e é utilizado para calcular a vazão em cursos d'água de pequeno porte. Utiliza um reservatório de dimensão conhecida (lata ou balde), um pequeno tubo ou uma calha e um cronômetro ou relógio. Para obter a vazão deve-se colocar o recipiente de volume conhecido próximo à margem do córrego e com o tubo ou a calha, direcionar a água para dentro do recipiente, cronometrando o tempo necessário para seu enchimento. (Figura 3)

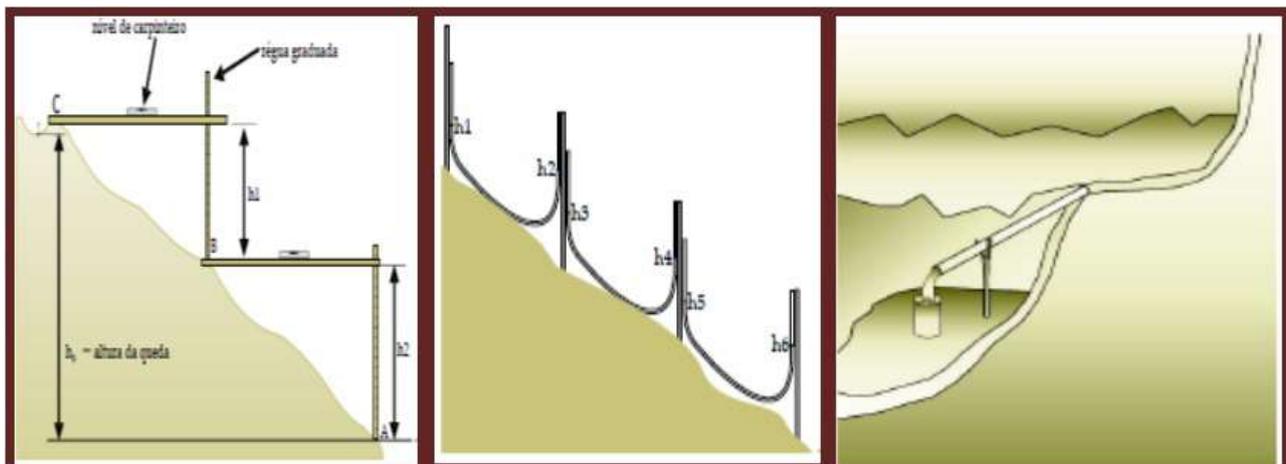


Figura 3

#### 4.2 Bombeamento, captação e tratamento de água

Entre os antigos equipamentos de bombeamento ainda em uso estão a Roda d'água, o Parafuso de Arquimedes, o Carneiro hidráulico e o Cata-vento, entre outros.

A roda d'água é um dispositivo circular montado sobre um eixo, contendo na sua periferia alhetas ou aletas dispostas de modo a utilizar a energia hidráulica, sob a forma de energia

mecânica como acionamento básico para moinhos, propulsão de navios ou bombeamento d'água e podem ser de eixo horizontal (sub-axial ou sobre-axial) e de eixo vertical. Atualmente a roda d'água é constituída basicamente por uma roda de aço com aletas que formam pequenos reservatórios, um mancal com eixo de transmissão, uma bomba alternativa de dois pistões com um conjunto interno de lubrificação, câmara estabilizadora e suporte de instalação do equipamento. (Figura 4)

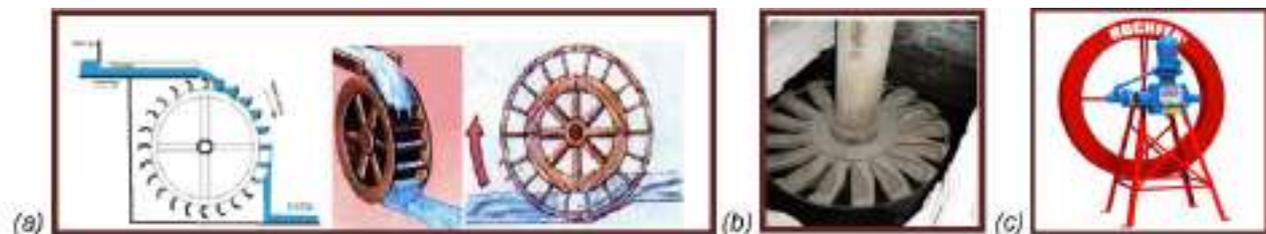


Figura 4

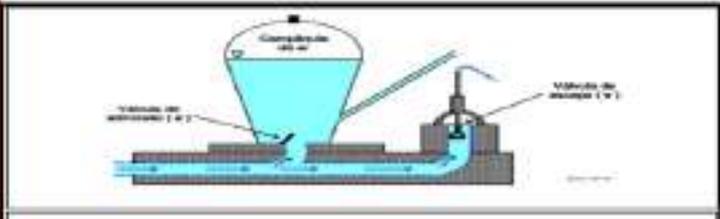
O Parafuso de Arquimedes é um mecanismo de transporte de material utilizado desde as antigas civilizações para transportar diversos materiais de um nível para outro, ou horizontalmente. É constituído por um tubo e uma rosca, com uma das extremidades mergulhada no produto a ser transportado; ao ser girado, a rosca transporta o material para a outra extremidade do duto. O material sobe ao



**Figura 5 - Parafuso de Arquimedes**

longo do eixo até o transbordamento na outra extremidade. (Figura 5)

O Carneiro hidráulico, por sua vez, é um mecanismo que usa diferenças de pressão para bombear água. Ele aproveita a energia de um fluxo de água para elevar a coluna do líquido, com base no fenômeno do golpe de aríete (Aríete: arma medieval usada para arrombar portões, muralhas e fortalezas). (Figura 6)



**Figura 6 - Carneiro Hidráulico**

O Cata-ventoclássico é formado por um conjunto de pás dispostas lateralmente sobre um eixo horizontal. Cada pá está levemente torcida (como uma hélice), de modo que o fluxo de ar, buscando o caminho mais fácil para passar, gere a pressão que impulsiona cada pá para um mesmo sentido em relação ao eixo horizontal. Atualmente o cata-vento dispõe de varias versões alternativas como o tipo SAVONIUS, o tipo DARRIEUS, entre outros. (Figura 7)



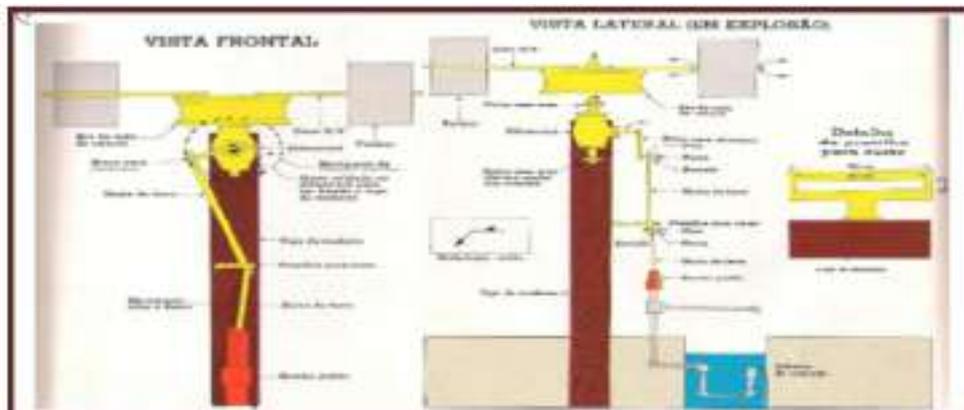
(a)



(b)

**Figura 7 - Cata-vento: (a) Clássico; (b) Savonius**

A Figura 8 traz o modelo de um Sistema de Bombeamento Savonius construído a partir de material recuperado: roda de automóvel, diferencial, tambor de óleo cortado e bomba manual.



**Figura 8 - Esquema de um Sistema de Bombeamento Savonius construído com Sucata**

O processo de captação das águas correntes, poços e nascentes é feito por bombeamento ou por simples condução em dutos ou canais utilizando a força da gravidade.

A captação para aproveitamento da água das chuvas utiliza métodos antigos de captação, com coleta d'água dos telhados, de calhas de ruas pavimentadas, por impermeabilização de encostas, por direcionamento d'água de

superfícies rochosas para um reservatório ou por um sistema de drenagem construído em declives – como, por exemplo - próximo de estradas, canalizando as águas colhidas para barragens adrede preparadas. O aproveitamento das águas residuais será função de sua origem e do tratamento a que foi submetida. Os vários tipos de captação são sintetizados no Quadro I, a seguir.

	Tipo de captação				
	Captação de água de chuva (fonte local)			Captação por inundação (fluxo em canal)	
	Captação em telhado	Captação do escoamento (fluxo na superfície do solo)			
Armazenamento	Cisterna	Açudes, barragens	Perfil do solo	Açudes	Barragens subterrâneas (solo)
Uso	Abastecimento de água para consumo humano	Dessedentação animal e uso agrícola (irrigação)	Produção agrícola	Dessedentação animal e uso agrícola	Produção agrícola
Classificação para produção agrícola		<i>Rainoff farming</i> Captação para agricultura por escoamento		<i>Floodwater harvesting</i> Captação de água de cheias	
Sub divisão		Micro áreas (captação em pequenas áreas)	Macro áreas (captação em vertentes extensas)	Plantio em planícies de inundação	

Fonte: Adaptado de Critchley e Siegert (1991).

**Quadro I – Tipos de Captação de Águas**

O solo, como um telhado, coleta a água das chuvas que, em função da precipitação pode se transformar em enxurrada e se tornar danoso. Entre os vários métodos utilizados, destacam-se a construção de barragens e açudes, a coleta na base de encostas rochosas e a realização de drenagens em estradas vicinais aproveitando o perfil do solo. (Figuras 9)



**Figura 9 – Tipos de Captação de Águas: (a) em telhados; (b) caixas secas**

Os processos de tratamento d'água também são muito antigos. Escritos gregos e indianos de 2.000 AC já recomendavam métodos de tratamento d'água e afirmavam que a purificação da água era obtida através do uso do calor (ebulição da água) e da aplicação de filtro de pedra e areia. A síntese do tratamento convencional da água é mostrada no diagrama de blocos a seguir:

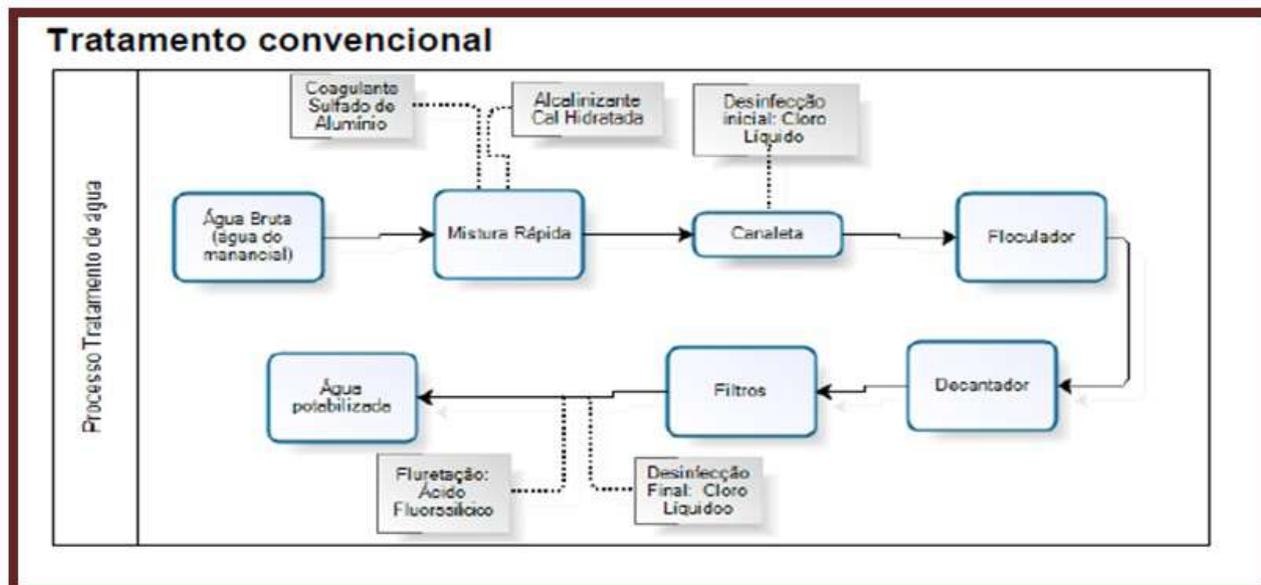


Figura 10 – Processo Convencional de Tratamento d'Água

#### 4.3 Aplicação na geração de biogás, aquecimento e energia elétrica

As antigas tecnologias revisitadas também podem ser utilizadas na geração de biogás e proporcionar aquecimento, cozimento e energia elétrica. O biogás é um produto resultante da fermentação de matérias orgânicas na ausência de oxigênio (reações anaeróbicas) que resulta na

produção do gás metano (METANIZAÇÃO) naturalmente presente em regiões pantanosas, arrozais, grandes barragens hidroelétricas tropicais e em descargas contendo dejetos de matérias orgânicas. O fenômeno também pode ser criado artificialmente pela utilização de biodigestores (fermentação anaeróbica). A figura 11 apresenta um esquema do processo de geração de biogás.

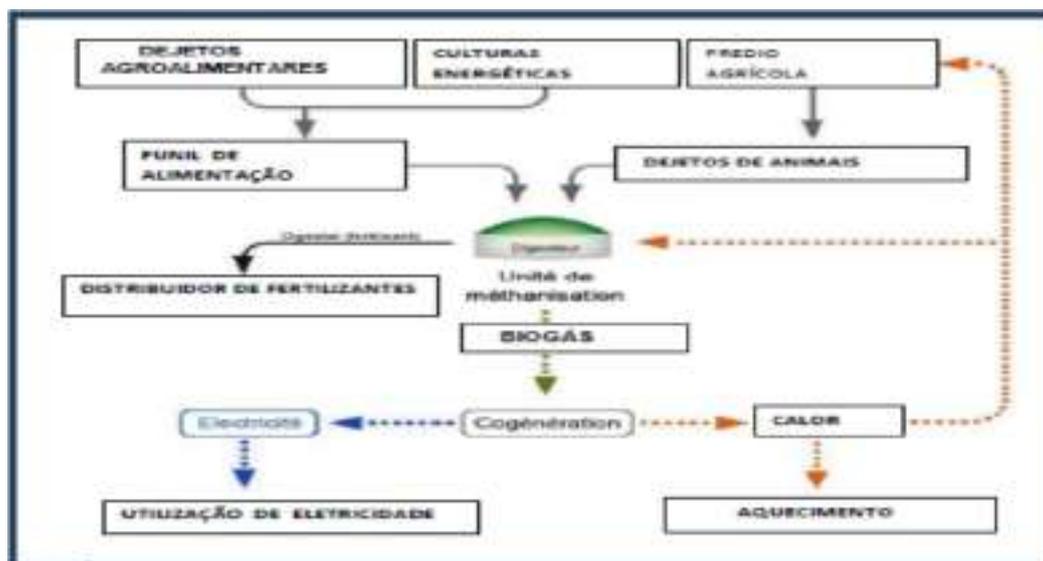


Figura 11 – Processo de Geração do Biogás.





Figura 14 – Utilização do biogás.

Além dessas aplicações existem diferentes tipos de aquecedores de água que através de um coletor solar plano, um reservatório de água e acessórios pode elevar a temperatura da água, no caso da Bahia, de 25°C a 62 °C, tanto para uso doméstico ou comercial, quanto como água de alimentação de

caldeira, o que reduz o consumo de combustível.

Na construção do coletor são usualmente utilizados tubos de cobre, mas outros materiais como aço, PVC e até mesmo garrafas PET podem ser utilizados, apresentando bom desempenho. (Figura 15)

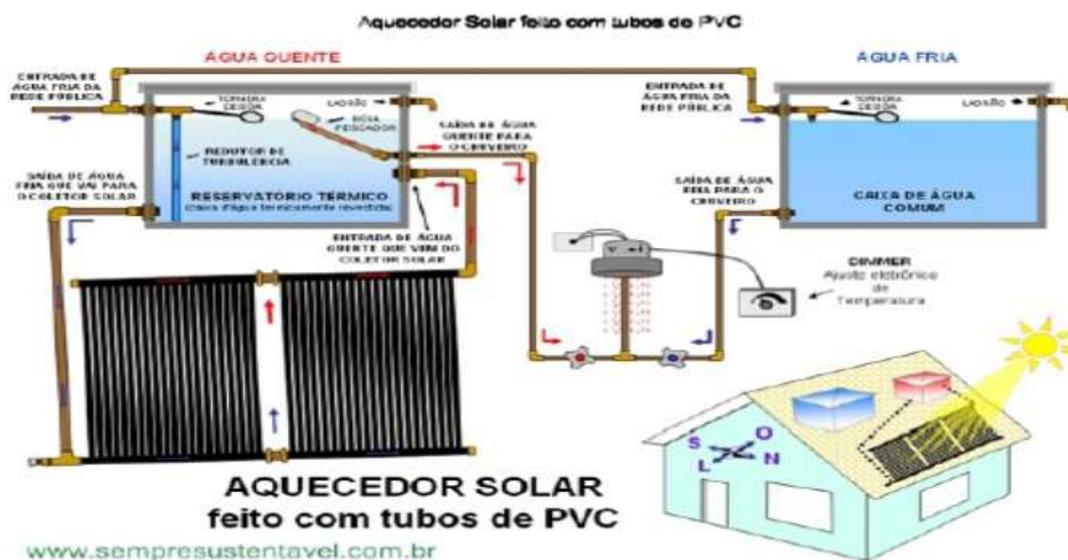


Figura 15 – Aquecedor Solar construído com tubos de PVC

#### 4.5 Geração de Energia Elétrica

Aqui a abordagem do tema será limitada a micro e minigeração dentro dos parâmetros estabelecidos pela Grã-Bretanha.

Tipo de usina	Capacidade de Geração
Pico geradora	0 a 5 kW
Micro geradora	5 a 100 kW
Mini geradora	100 a 1000kW(1MW)
Pequena geradora	1 MW a 10 MW
Media geradora	10MW a 100 MW
Grande geradora	Acima de 100 MW

A implantação de usinas geradoras até 1MW tem normas da ANEEL e legislação específica simplificada, sendo necessário apenas:

- Informar a ANEEL fornecendo dados básicos: potencia localização, proprietário
- Obter licenciamento junto ao órgão ambiental estadual.



(a)



(b)

(a) Caldeira utilizada na micro-central termelétrica. (b) Turbo-gerador

### Imagens de Micro/Mini usinas geradoras hídrica e térmica

As microusinas podem ser hídricas, térmicas, eólicas etc.  
Um exemplo de micro usina hídrica é a baseada na roda d'água.



O diagrama de blocos, a seguir, mostra a sequência do processo de conversão de energia



No caso da micro usina geradora por energia térmica, tem-se, exemplo, a geração por biomassa, em que vários processos de transformação da biomassa em energia podem ser utilizados: pirolise, gaseificação, combustão. Entre os materiais usualmente utilizados estão resíduos de serraria e cascas de arroz. Estudos realizados para esta alternativa tecnológica indicam sua competitividade frente ao suprimento convencional sempre que as distâncias até a rede da concessionária são significativas e o combustível possa ser obtido a baixo custo.

No que tange os aerogeradores, hoje são facilmente disponíveis a baixo custo, no mercado, diferentes tipos, entretanto é possível se fabricar com materiais usados: tambor de óleo, diferencial, gerador e bateria de automóvel e mais acessórios um aerogerador tipo Savonius caseiro.



### Considerações Finais

As antigas tecnologias revisitadas proporcionam como visto soluções simples e fáceis às demandas sociais e infraestrutura necessária ao desenvolvimento de grande parte dos municípios brasileiros, significando com isso a obtenção de ganhos sociais e aumento das arrecadações municipais a curto prazo e com baixos investimentos.

Observa-se, também, que: elas são de fácil aplicação e aprendizagem, os custos envolvidos

nos projetos são compatíveis com os recursos postos à disposição dos governos regionais, há geração de emprego, possibilidade de agregação de valor ao produto primário produzido e, principalmente, geração de empregos e inclusão cidadã.

Ressalte-se ainda que para a consecução desses propósitos é fundamental a participação das instituições de ensino e de engenharia.

### Referências

CADERNOS DO INSTITUTO POLITÉCNICO DA BAHIA: APLICAÇÕES DAS ANTIGAS TECNOLOGIAS REVISITADAS. v1-  
Aplicação no bombeamento, captação, tratamento, reuso e armazenamento d'água

CADERNOS DO INSTITUTO POLITÉCNICO DA BAHIA: APLICAÇÕES DAS ANTIGAS TECNOLOGIAS REVISITADAS. v2-  
Aplicação na geração de gás, aquecimento e energia elétrica



## Fórum Antônio José Valente discute Tecnologias Novas Revisitadas - Vetor de Desenvolvimento

**E**O IPB realizou no último mês de outubro o Fórum ANTONIO JOSÉ VALENTE: TECNOLOGIAS NOVAS E REVISITADAS - VETOR de DESENVOLVIMENTO, no Espaço Cultural Arlindo Fragoso.

A abertura do FÓRUM contou com a presença do Representante do Governador do Estado da Bahia, engenheiro Paulo Guimarães (SDE), da professora Tatiana Dumet, Diretora da Escola Politécnica e representante do magnífico Reitor da UFBA, do engenheiro Ubiratan Felix, Presidente do SENGE, do professor Albertino Ferreira Nascimento Jr., Diretor Geral do Campus Salvador do IFBA ; da engenheira Cristina de Abreu Silveira, Representante do Presidente do CREABA e do engenheiro Lenaldo Candido de Almeida, Presidente do IPB, que presiu a solenidade.

Iniciada a solenidade foi prestada uma homenagem “in memoriam” ao professor Antonio José Valente com a entrega de uma placa, aos familiares do homenageado.

Em seguida, a sessão da manhã teve seguimento com as palestras sobre Energias Renováveis (eólica, solar) e Gás Natural proferidas, Sergio Luis Carvalho Vieira, Cesar Magno Vieira Tourinho, ambos da ECOPOTENCO, Iuri Barboza e Jose Eduardo Lima Barretto, consultor seguida de duas mesas de debates coordenadas pelos engenheiros Clelio Oliveira de Souza, Paulo Scoppeta das quais participaram além dos palestrantes Edgar Nunes de Almeida, Augusto de Mesquita, Getulio Lins Marques e Jose Baptista de Oliveira Jr.

Finalizando a sessão matutina houve a exposição das atividades da Engenharia de Equipamentos conduzida pelos alunos da Escola Politécnica: BAKO.

Na parte da tarde, a sessão foi reiniciada com a palestra sobre TECNOLOGIAS REVISITADAS: APLICAÇÕES E DESENVOLVIMENTO, seguida de duas mesas de debates, coordenadas por Antonio Clodoaldo de Almeida Neto e George Gurgel respectivamente, tendo

participado dos debates, Paulo Moura Bastos, Caiuby Alves da Costa, Raymundo Garrido, Reinaldo Dantas Sampaio.

Durante o Evento houve a exposição de dados documentais do professor Antonio Valente, o homenageado pelo Memorial Arlindo Fragoso da Escola Politécnica, liderada pela Sra. Louise Assunção e a presença do Stand da EDUFBA- Editora da Universidade Federal da Bahia.

Encerrando o Fórum, houve a apresentação do Coral POLIVOZ.

O Fórum Antonio José Valente encerrou o ciclo 2018 da AGENDA de DESENVOLVIMENTO BAHIA- A ENGENHARIA COMO PROPULSORA DO DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO SOCIAL.

A AGENDA DE DESENVOLVIMENTO BAHIA é um evento realizado pelo Instituto Politécnico



da Bahia –IPB, apoiado por várias entidades como APUB- Associação de Professores Universitários da Bahia, EPUFBA – Escola Politécnica da UFBA, SENGE - Sindicato dos Engenheiros da Bahia, CREA-BA Conselho Regional de Engenharia e Agronomia da Bahia e ELETROJR - Empresa Jr. de Engenharia Elétrica da UFBA.

## Curtas do IPB

### Regimento Interno IPB

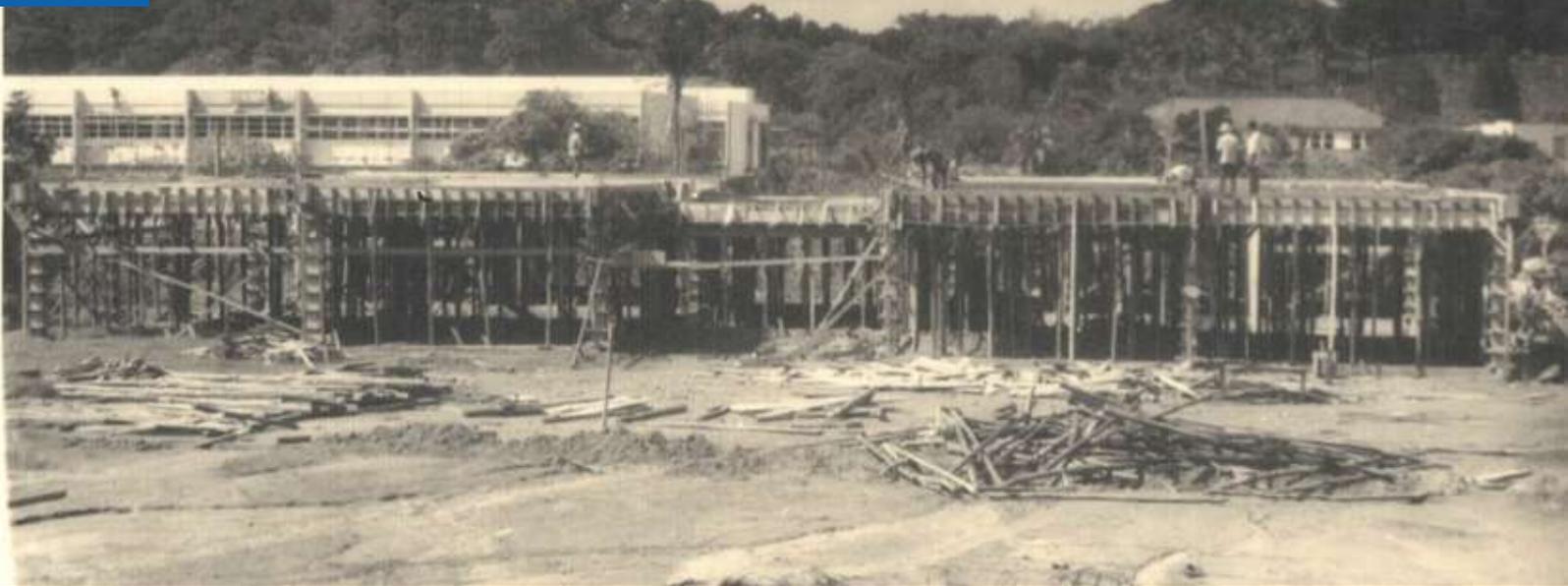
O Conselho Deliberativo do IPB aprovou, em reunião realizada a 27 de novembro corrente o REGIMENTO INTERNO do Instituto Politécnico da Bahia.

### Petróleo & Gás

A presidência do IPB juntamente com o Núcleo de Petróleo e Gás tem se reunido com o Governo da Bahia através da Secretaria de Desenvolvimento Econômico, objetivando traçar planos para o novo cenário do segmento, especialmente considerando a possibilidade de tratar os poços transparentes e petróleo. Juntamente com o IPB e SDE, o Instituto de Geociências e o Instituto de Química da UFBA têm participado dessas discussões.

### Parceria CORECON

Objetivando o desenvolvimento e viabilização de negócios na Bahia, o IPB representado por seu Presidente Lenaldo Almeida e o Conselho Regional de Economia através de seu Presidente Reinaldo Sampaio, realizaram reunião no dia 30/11 onde foram tratadas as formas de evolução da parceria, sua interatividade e objetivos das partes. O CORECON apresenta como grande contribuição, os pensamentos de seus economistas enquanto que o IPB objetiva converter tais pensamentos em casos



## A Escola Industrial do IPB - Escola Américo Simas

No ano de 1919 houve uma assembléia geral do Instituto Politécnico não havendo, entretanto, ata da reunião. Sabe-se, no entanto, que foi apresentado um longo relatório por Arlindo Fragoso, conforme relata Archimedes Guimarães no seu livro ESCOLA POLITÉCNICA DA BAHIA 1896 – 1947. Diz, ainda, Archimedes: "De 1910 a 1916 a receita do INSTITUTO POLYTECHNICO alcançara o montante de 801:447\$127 e as despesas 760:066\$505, sendo o superávit em 6 de fevereiro de 1917 de 41:380\$622 e o patrimônio do Instituto Politécnico subira de 7:000\$000 para 295 000\$000 em 1917.

Em 1924 o Instituto criava um curso de MECÂNICA PRÁTICA que coexistiria com o Instituto e com a Escola Politécnica. Tal fato foi motivo de congratulações ao Instituto pela Congregação da Escola em sua reunião de fevereiro.

O segundo livro de atas do Instituto Politécnico da Bahia é iniciado em 24 de Abril, e nele há o registro da realização de uma assembléia geral que elegeu uma nova diretoria do IPB para o

O Curso de Mecânica Prática, evoluiu para Escola Industrial do Instituto Politécnico da Bahia e posteriormente para Escola Industrial Américo Simas.

Aos 17 dias do mês de julho de 1973, em uma das salas da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, reuniu-se a diretoria do IPB presentes Pedro Muniz Tavares Filho, presidente, Américo Furtado de Simas Filho, Oscar Caetano da Silva, Luiz Edmundo Kruchewsky Pinto, Orlando de Freitas Costa, Clímério de Lima Pitta e mais o professor Albano de Franca Rocha, na condição de convidado especial. Essa reunião foi a primeira da diretoria do IPB recém eleita e empossada, para o biênio 1973-1975.

***Pauta: Apreciação de ofício do magnífico reitor da UFBA ao Ministério da Educação e Cultura***

*Aberta a sessão, não havendo expediente, o senhor presidente passou a ordem do dia.*

*Informou o presidente o ofício do magnífico reitor da UFBA ao secretário do MEC solicitando*

recursos para indenizar o Instituto Politécnico da Bahia pela tomada do pavilhão construído pelo mesmo para instalar a Escola Américo Simas.

Depois de apreciada a matéria, deliberou-se convocar a Assembleia Geral, para o dia subsequente as 9:00h numa das salas da Escola Politécnica para tomar conhecimento das

ocorrências que determinaram a perda do pavilhão e o encerramento das atividades letivas do Instituto, Caso não haja quórum no dia 20, a Assembleia Geral será realizada no dia 31 de julho no mesmo local e hora, conforme disposição estatutária. Nada mais havendo a tratar, a reunião foi encerrada.

A Escola Industrial operou de 1924 até 1973.

## Galeria Recordando

*Antigas fotos da Escola Industrial do IPB ou Escola Américo Simas*



**Sede: fachada principal**

## Oficina Mecânica



**Grupo de Alunos na Oficina Mecânica**

## Grupo de Alunos em prova



**Galeria Recordando**

*Antigas fotos da Escola Industrial do IPB ou Escola Américo Simas*



*Grupo de alunos em aula*



*Torno e Furadeira*



*Oficinas Mecânicas*



**Galeria Recordando**

*Antigas fotos da Escola Industrial do IPB ou Escola Américo Simas*



***Arlindo Coelho Fragoso***



***Archimedes Gonsalves***

***Melhores trabalhos feitos pelos alunos  
1º e 2º séries - 1969***



