

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA  
FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISA, EXTENSÃO E ENSINO EM  
CIÊNCIAS AGRÁRIAS – FUNPEA**

**CKTR BRASIL SERVIÇOS LTDA**

**RELATÓRIO TÉCNICO**

**ESTUDO QUALITATIVO E QUANTITATIVO DE  
BIOMASSA RESIDUAL DE SUPRESSÃO VEGETAL DA  
ÁREA DE ABRANGÊNCIA DA HIDRELÉTRICA DE  
BELO MONTE – Município de Vitória do Xingu/PA.**

**SUEO NUMAZAWA<sup>1</sup>  
JOSUÉ EVANDRO R. FERREIRA<sup>2</sup>**

Belém/Julho/2018

<sup>1</sup>Professor/Pesquisador da UFRA/FUNPEA

<sup>2</sup>Eng. Florestal da CKTR

## **EQUIPE EXECUTORA**

**SUEO NUMAZAWA - CREA-PA/RN:1512978426**  
Professor da UFRA/Pesquisador da FUNPEA  
Coordenação/Responsável Técnico

**JOSUÉ EVANDRO RIBEIRO FERREIRA - CREA-PA: 6244-D**  
Engenheiro Florestal/Responsável Técnico/CKTR/Vitória de Xingu

**FERNANDA YUKARI DE SOUZA SAKUMA**  
Estudante concluinte do curso de Engenharia Florestal/UFRA  
Levantamento de dados no campo

**RAIMUNDO INALDO DOS SANTOS**  
CKTR/Vitória de Xingu  
Levantamento de dados no campo

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
Lista de Figuras .....	05
Lista de Quadros .....	06
<b>1. APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>07</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>08</b>
2.1. Geral .....	08
2.2. Específicos .....	08
<b>3. INFORMAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>08</b>
3.1. Nome do Proprietário .....	08
3.2. Endereço Postal, Telefone, Fax, e Correio eletrônico .....	08
3.3. Nome e função da pessoa para contato .....	08
3.4. Registro no IBAMA .....	08
3.5. Atuação da Empresa .....	08
<b>4. METODOLOGIA .....</b>	<b>09</b>
4.1. Amostragem no campo .....	09
4.2. Análise de sanidade da biomassa residual estocada no celeiro da hidrelétrica de belo monte .....	10
4.3. Determinação dos fatores de cubicação e de empilhamento das peças de madeira.....	12
4.4. Biomassa residual servível e não servível de supressão vegetal para fins energéticos.....	15
4.4.1. Quantificação de <i>biomassa servível</i> para fins energéticos .....	15
4.4.2. Quantificação de <i>biomassa não servível</i> para fins energéticos ..	16
4.5. Análises estatísticas .....	17
<b>5. RESULTADOS OBTIDOS .....</b>	<b>18</b>

5.1.	Condições da biomassa estocada na área de abrangência do celeiro da hidrelétrica.....	18
5.2.	Fatores de cubicação e de empilhamento de madeiras.....	20
5.3.	Biomassa residual servível e não servível de supressão vegetal para fins energéticos.....	21
5.4.	Biomassa <i>servível</i> para fins energéticos .....	22
5.5.	Biomassa <i>não servível</i> para fins energéticos.....	23
5.6.	Repartição percentual de madeiras servíveis e não servíveis .....	25
5.7.	Resumo geral .....	26
<b>6.</b>	<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS .....</b>	<b>27</b>
<b>7.</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>28</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>29</b>
<b>9.</b>	<b>ALGUMAS ILUSTRAÇÕES .....</b>	<b>37</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Página</b>
Figura – 1. Formato das pilhas de madeira: (A) Altura; (B) Comprimento e (C) Largura da pilha .....	9
Figura – 2. Decomposição da madeira por fungos apodrecedores, causadores da podridão parda e branca .....	10
Figura – 3. Deterioração da madeira por intempéries – sol, chuva e umidade relativa do ambiente .....	11
Figura – 4. Peças de madeira com os níveis de deterioração em função de ataque de agentes biológicos ou degradação por agentes não biológicos .....	12
Figura – 5. Medições cruzadas dos diâmetros e comprimento da peça empilhada para determinação de volume geométrico (m <sup>3</sup> ) .....	13
Figura 6. Determinação de volume estéreo da pilha de madeira .....	13
Figura -7. Medições de espessura, largura e comprimento da peça .....	16
Figura - 8. Biomassa residual de supressão vegetal estocada nos pátios da Hidrelétrica de Belo Monte .....	19
Figura – 10. Limpeza do pátio para cortes das peças de madeira .....	22
Figura – 11. Peças de madeira para formação das pilhas .....	22

## LISTA DE QUADROS

	<b>Página</b>
1. Quadro 1, Dados estatísticos referentes a Fator de Cubicação e Fator de Empilhamento .....	20
2. Dados estatísticos de madeiras servíveis para produção de carvão e cavacos para fins energéticos .....	22
3. Quadro 3. Dados estatísticos de madeiras não servíveis para fins energéticos .....	23
4. Quadro 4. Repartição percentual de madeiras servíveis (carvão vegetal e cavacos) e de não servíveis para fins energéticos .....	25
5. Quadro 5. Resumo dos dados de fatores de cubicação e de empilhamento e da repartição percentual de madeiras servíveis e não servíveis para fins energéticos .....	26

## 1. APRESENTAÇÃO.

A supressão vegetal em construção de usina hidrelétrica, em geral, gera grande volume de biomassa que pode ser utilizada como fonte de energia de diversas formas.

A Hidrelétrica de Belo Monte no Município de Vitória do Xingu, Estado do Pará, construída pela Empresa Norte Energia, detém um estoque de biomassa considerável. Porém, devido ao longo do tempo que esse material se encontra exposto a céu aberto, certamente está sofrendo perda por ataque de agentes biológicos e não biológicos (as intempéries).

Desse modo, a separação de biomassa (madeira) aproveitável e não aproveitável é fundamental para qualquer intenção de utilização. A qualificação e quantificação da madeira que está estocada no celeiro da hidrelétrica foram realizadas, definindo-se como biomassa servível para produção de carvão vegetal e de cavacos (chips) para combustão direta com objetivo de geração de energia (calor) e também a quantificação de biomassa não servível devido à alta deterioração.

A qualificação (verificação do estado de sanidade) e quantificação da biomassa estocada no celeiro se referiram a materiais de menores dimensões (copas e de árvores de pequena e média dimensão), levantados em doze pátios que estão identificados através de suas coordenadas. As madeiras (toras) de grandes dimensões não fizeram parte desse levantamento.

O presente estudo foi realizado através do contrato assinado entre a Fundação de Apoio a Pesquisa, Extensão e Ensino em Ciências Agrárias – FUNPEA e a Empresa CKTR Brasil Serviços Ltda.

## **2. OBJETIVO.**

Analisar a qualidade e estimar o quantitativo da biomassa residual de supressão vegetal encontrada na área de abrangência da Hidroelétrica de Belo Monte, para fins energéticos.

## **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- 3.1. Analisar os aspectos de sanidade da biomassa residual estocada nos pátios para possível uso como carvão e cavacos;
- 3.2. Estimar o percentual de biomassa residual servível para fins de carvão vegetal e cavacos (chips) e biomassa não servível para fins energéticos.

## **4. INFORMAÇÕES GERAIS.**

### 4.1. Proponentes:

Nome: CKTR BRASIL SERVIÇOS LTDA  
CNPJ: 82.502.196/0003 - 49

### 4.2. Endereço Postal, Telefone, Fax, e Correio eletrônico.

Sede: Rua Peroba, 704, Bairro Jardim Botânico, Vitória do Xingu-PA,  
CEP: 68.383-900, Estado do Pará.

### 4.3. Nome e função da pessoa para contato.

JOSUÉ EVANDRO PEREIRA RIBEIRO – Engenheiro florestal.  
Telefone: (91) 9172-7926 ou 91048684.

### 4.4. Registro no IBAMA.

Cadastro Técnico Federal: Nº 5634821.

### 4.5. ATUAÇÃO DA EMPRESA: Exploração econômica de madeira, lenha e subprodutos florestais – instalação e manutenção de empreendimentos.

## 5. METODOLOGIA.

### 5.1. AMOSTRAGEM NO CAMPO.

A amostragem foi totalmente aleatória e definida em 12 (doze) pátios onde se encontram estocadas as madeiras referentes de supressão vegetal da área de abrangência da Hidrelétrica de Belo Monte. O estudo foi desenvolvido apenas com os materiais não consideradas toras, os quais foram cortados com cerca de 1,0 m de comprimento para formação das pilhas com dimensões de 1 m de largura x 1 m de altura x 3 m comprimento (Figura - 1).

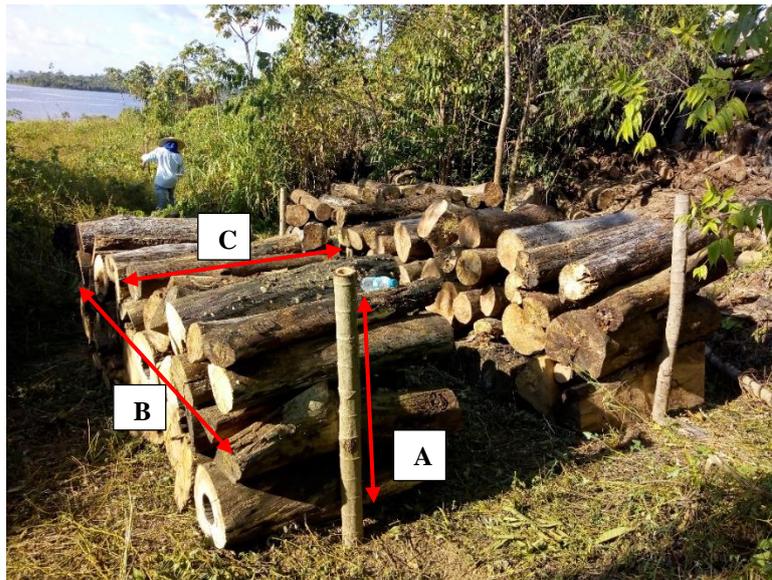


Figura – 1. Formato das pilhas de madeira: (A) Altura; (B) Comprimento e (C) Largura da pilha.

A quantidade de pilhas foi definida em 50 unidades amostrais, distribuídas aleatoriamente nos doze pátios identificados. Os resultados obtidos desse levantamento forneceram subsídios para definição final dos aspectos qualitativo e quantitativo de biomassa residual de supressão vegetal da área de abrangência da hidroelétrica.

## 5.2. ANÁLISE DE SANIDADE DA BIOMASSA RESIDUAL ESTOCADA NO CELEIRO DA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE.

Considerando que a estocagem foi feita ao longo da construção da referida hidrelétrica, o levantamento foi realizado de forma totalmente aleatória, observando-se nos doze pátios contidos no celeiro da Hidrelétrica de Belo Monte.

A análise de sanidade consistiu de observações visuais de existência de podridão causado por agentes biológicos, sobretudo, por fungos xilófagos (basidiomicetos e alguns ascomicetos) que se alimentam dos principais componentes químicos da madeira: celulose, hemiceluloses e lignina, provocando a decomposição (Figura - 2). No caso de degradação da madeira por fatores não biológicos referentes às intempéries: sol, chuva e umidade relativa (UR) do ambiente em que está exposta, a decomposição se sucede por desgaste natural das peças empilhadas (Figuras - 3), muitas vezes favorecendo a entrada desses agentes biológicos oportunistas.



Figura – 2. Decomposição da madeira por fungos apodrecedores, causadores da podridão parda e branca.



Figura – 3. Degradação da madeira por intempéries – sol, chuva e umidade relativa do ambiente.

Essas observações foram fundamentais para identificar o nível de comprometimento das peças para os objetivos deste trabalho. Muitas peças de madeira estavam totalmente deterioradas por esses agentes.

O destino das madeiras foi definido com base na classificação das peças empilhadas em função de três níveis de deterioração ou degradação observados e dos aspectos qualitativos da madeira para cada destino:

CLASSE	NÍVEL DE DETERIORAÇÃO / QUALIDADE	DESTINO
Servível – I	Pouca decomposição (periferia) / Madeira de densidade mais elevada (dura)	Carvão vegetal
Servível – II	Média decomposição, até cerca de 1/3 da periferia em direção ao centro/Madeira de média densidade.	Cavacos
Não servível	Alta decomposição, acima de 2/3 da tora degradada/ Madeira leve a média densidade.	Sem destino

Nas pilhas, a identificação de madeiras servíveis e não servíveis foi feita de acordo com que estão mostradas na Figura - 4. Indicação vermelha para madeira não servível, amarela para carvão e azul para cavacos. É fundamental salientar que as classificações foram realizadas apenas por análises visuais.

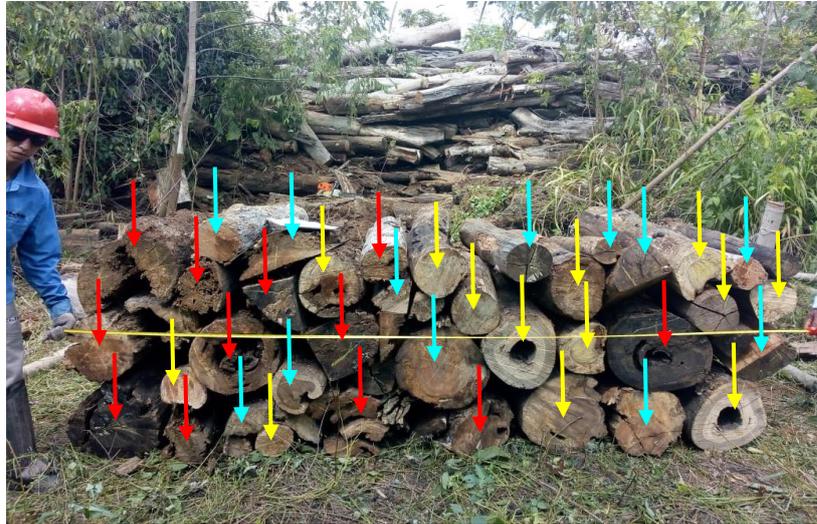


Figura – 4. Peças de madeira com os níveis de deterioração em função de ataque de agentes biológicos ou degradação por agentes não biológicos.

### 5.3. DETERMINAÇÃO DOS FATORES DE CUBICAÇÃO E DE EMPILHAMENTO DAS PEÇAS DE MADEIRA.

Após a análise de sanidade das peças de madeira estocadas nos pátios do celeiro da Hidrelétrica de Belo Monte, iniciou-se a determinação do Fator de Cubicação (FC), que segundo LISBOA et al. (2009) consiste na relação entre o volume geométrico ( $m^3$ ) e o volume estéreo (st) das peças de madeira empilhadas. Inicialmente, através da equação 1, foi determinado o volume geométrico de cada peça de madeira com base na fórmula de SMALIAN, medindo-se de forma cruzada os diâmetros dos topos da peça e o seu comprimento, conforme mostrados na Figura - 5.

\*LISBOA, G.S.; DIAS, A.N.; VALÉRIO, A.F. & SILVESTRE, R. Comparação do fator de empilhamento sob diferentes condições para madeira de *Eucalyptus grandis*. 2009. Ambiente Guarapuava, Paraná, 91p.



Figura – 5. Medições cruzadas dos diâmetros e comprimento da peça empilhada para determinação de volume geométrico (m<sup>3</sup>).

$$VGP = 0,7854 \times (((d_1^2) + (D_2^2))/2) \times Compr.$$

(Equação 1)

Considerando,

VGP - volume geométrico da peça, m<sup>3</sup>.

d<sub>1</sub> e d<sub>2</sub> - diâmetros médios nas extremidades da peça, m.

Compr. - comprimento da peça, m.

Em seguida, determinou-se o volume metro estéreo da pilha após o empilhamento das peças de madeira, onde se mediu a altura e o comprimento (Figura - 6) da pilha. *A largura da pilha foi definido pelo comprimento médio das peças empilhadas.*



Figura - 6. Determinação de volume estéreo da pilha de madeira.

O volume estéreo foi determinado pelo produto entre as três medidas da pilha, através da equação 2.

$$\text{VSTP} = \text{Alt.} \times \text{Compr.} \times \text{Larg.} \quad (\text{Equação 2})$$

Considerando,

VSTP - volume estéreo das peças empilhadas, *st*.

Alt. - altura da pilha, m (A).

Compr. - comprimento da pilha, m (B).

Larg. - largura da pilha (comprimento médio das peças), m.

O Fator de Cubicação (FC) foi determinado pela relação entre o volume geométrico das peças empilhadas e o volume estéreo da pilha, através da equação 3.

$$\text{FC} = \Sigma \text{VG}_{(\text{peças})} / \text{VST}_{(\text{pilha})} \quad (\text{Equação 3})$$

O Fator de empilhamento representa a relação inversa do fator de cubicação, determinado através da equação 4.

$$\text{FE} = 1 / \text{FC} \text{ ou } \text{FE} = \text{VST}_{(\text{pilha})} / \Sigma \text{VG}_{(\text{peças})} \quad (\text{Equação 4})$$

Considerando,

FC - fator de cubicação,  $m^3/st$ .

$\Sigma \text{VG}_{(\text{peça})}$  - soma dos volumes geométricos das peças empilhadas,  $m^3$ .

$\text{VST}_{(\text{pilha})}$  - volume estéreo da pilha, *st*.

FE - fator de empilhamento,  $st/m^3$ .

Esses fatores FC e FE servem para transformar o volume geométrico em volume estéreo e vice-versa.

#### 5.4. BIOMASSA RESIDUAL SERVÍVEL E NÃO SERVÍVEL DE SUPRESSÃO VEGETAL, PARA FINS ENERGÉTICOS.

##### 5.4.1. QUANTIFICAÇÃO DE *BIOMASSA SERVÍVEL* PARA FINS ENERGÉTICOS.

A quantificação de peças servíveis foi feita com base na amostragem do Item – 5.1. Os pátios foram percorridos para o levantamento do volume de peças servíveis empilhadas, após as observações de sanidade, efetuadas conforme mencionadas no Item – 5.2. Foram instaladas 50 (cinquenta) pilhas distribuídas aleatoriamente em doze pátios identificados de acordo com suas coordenadas.

A estimativa de biomassa servível para fins energéticos foi feita com base nas análises visuais do estado de sanidade das madeiras estocadas nos pátios do celeiro da Hidrelétrica de Belo Monte.

As peças servíveis se referiram à madeira aproveitável para produção de carvão vegetal ou de cavacos (chips). Os volumes das peças foram obtidos através das equações 1 e 2, anteriormente citadas (páginas 13 e 14) que serviram de base para determinação da porcentagem das peças servíveis para fins energéticos, através da equação 5.

$$QMS = (\Sigma VMS / VTME) \times 100$$

(Equação 5)

Considerando,

QMS - quantidade de *madeiras servíveis*, %.

$\Sigma VMS$  - soma dos volumes das *madeiras servíveis* empilhadas, m<sup>3</sup>.

VTME - volume total das *madeiras empilhadas*, m<sup>3</sup>.

Quando as peças de madeira não apresentavam formato cilíndrico ou cônico (Figura - 7: A, B e C), o volume foi calculado com base na equação 6.



Figura -7. Medições de espessura, largura e comprimento da peça.

$$VPNC = \text{Esp.} \times \text{Larg.} \times \text{Compr.}$$

(Equação 6)

VPNC - volume da peça não cilíndrica ou cônica, m<sup>3</sup>.

Esp. - espessura da peça de madeira, m.

Larg. - largura da peça de madeira, m.

Compr. - comprimento da peça de madeira, m.

#### 5.4.2. QUANTIFICAÇÃO DE *BIOMASSA NÃO SERVÍVEL* PARA FINS ENERGÉTICOS.

A biomassa *não servível* se referiu à madeira apodrecida ao longo do tempo por agentes biológicos ou madeiras degradadas por agentes não biológico (intempéries), não sendo aproveitáveis para produção de carvão vegetal ou cavacos (chips). O volume das peças foi determinado, adotando-se o mesmo método utilizado para madeira servível.

A quantidade de madeira não servível foi determinada através da equação 7.

$$\text{QMNS} = (\Sigma \text{VMNS} / \text{VTME}) \times 100 \quad (\text{Equação 7})$$

Considerando,

QMNS - quantidade de *madeiras não servíveis*, %.

$\Sigma \text{VMS}$  - soma dos volumes das *madeiras não servíveis* empilhadas, m<sup>3</sup>.

VTME - volume total das madeiras empilhadas, m<sup>3</sup>.

## 6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS.

As análises estatísticas dos dados, segundo o Processo de Amostragem Aleatório, foram realizadas através das equações: 8 a 15, sendo que o valor de  $n = 50$ .

✓ Média aritmética: 
$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (\text{Equação 8})$$

✓ Desvio Padrão: 
$$S_x = \sqrt{S_x^2} \quad (\text{Equação 9})$$

✓ Coeficiente de Variação: 
$$CV = \frac{S_x}{\bar{X}} \cdot 100 \quad (\text{Equação 10})$$

✓ Variância da Média: 
$$S_{\bar{x}}^2 = \frac{S_x^2}{n} \quad (\text{Equação 11})$$

✓ Erro Padrão da Média: 
$$S_{\bar{x}} = \pm \frac{S_x}{\sqrt{n}} \quad (\text{Equação 12})$$

✓ Erro de Amostragem: • Absoluto 
$$E_a = \pm t \cdot S_{\bar{x}} \quad (\text{Equação 13})$$

• Relativo  $E_r = \pm \frac{t \cdot S_{\bar{X}}}{\bar{X}} \cdot 100$  (Equação 14)

✓ Intervalo de Confiança para a Média:

$$IC = \bar{X} \pm EP_{xt}$$
 (Equação 15)

## 7. RESULTADOS OBTIDOS.

### 7.1. CONDIÇÕES DA BIOMASSA ESTOCADA NA ÁREA DE ABRANGÊNCIA DO CELEIRO DA HIDRÉLETRICA.

Uma grande parte das madeiras expostas a céu aberto ficou comprometida devido esse longo tempo de exposição. Muitas peças estavam totalmente deterioradas por ação de agentes biológicos, especialmente, os fungos apodrecedores (Basidiomicetos e Ascomicetos) causadores da podridão branca e podridão parda e outras degradadas por intempéries (sol, chuva e umidade relativa). Na Figura - 8, podem ser observadas as condições nas quais as madeiras estão expostas, ao longo do tempo, nos pátios da área de abrangência da hidrelétrica.



Figura - 8. Biomassa residual de supressão vegetal estocada nos pátios da Hidrelétrica de Belo Monte.

## 7.2. FATORES DE CUBICAÇÃO E DE EMPILHAMENTO DAS PEÇAS DE MADEIRA.

No Quadro - 1, encontram-se os valores dos Fatores de Cubicação (FC) e de Empilhamento (FE) de 50 (cinquenta) pilhas de madeira instaladas em doze pátios do celeiro da Hidrelétrica de Belo Monte.

O Fator de cubicação – FC tem por objetivo converter o volume estéreo (st) de madeiras empilhadas em volume geométrico (m<sup>3</sup>). Assim, Volume Geométrico (VG<sub>(m<sup>3</sup>)</sub>) = Fator de Cubicação x Volume Pilha (VP<sub>(st)</sub>).

Por outro lado, o Fator de empilhamento - FE é o fator inverso de FC para converter o volume geométrico (m<sup>3</sup>) em volume estéreo. Assim, Volume Pilha (VP<sub>(st)</sub>) = FE x Volume geométrico (VG<sub>(m<sup>3</sup>)</sub>) ou VP<sub>(st)</sub> = 1 / FC

Quadro 1, Dados estatísticos referentes a Fator de Cubicação e Fator de Empilhamento de madeiras empilhadas nos pátios da Hidrelétrica de Belo Monte.

DADOS ESTATÍSTICOS	FC (m <sup>3</sup> /1st)	FE (st/1m <sup>3</sup> )
<b>MÉDIA</b>	<b>0,74</b>	<b>1,37</b>
Variância	0,006	0,025
Desvio Padrão	0,080	0,157
Erro Padrão	0,011	0,022
CV (%)	10,8	11,5
<b>Intervalo de Confiança – limite inferior</b>	<b>0,72</b>	<b>1,33</b>
<b>Intervalo de Confiança – limite superior</b>	<b>0,76</b>	<b>1,42</b>
Erro Amostral - absoluto	0,023	0,045
Erro Amostral - relativo	<b>3,1</b>	<b>3,3</b>
<i>n</i> (calculado)	4,7	5,3
<i>n</i> (necessário)	<b>5</b>	<b>6</b>

Os resultados apresentados no quadro 1, foram gerados a partir dos dados que se encontram no Anexo 1.

O FC médio foi **0,74 m<sup>3</sup>/1st**, tendo-se registrado os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 0,72 e 0,76 m<sup>3</sup>/1st, respectivamente.

O Coeficiente de Variação foi de 10,8% e o Erro Amostral ( $E_A$ ) Relativo de 3,1%, valor bem abaixo ao erro máximo admissível de 10%, indicando que o número de pilhas instaladas para o estudo (50 unidades) atendeu a precisão requerida para  $\alpha = 0,05$  e  $gl = 49$ , em função da variabilidade dos dados apresentados. O número de pilhas necessárias foi de apenas **5 unidades** para garantir a precisão requerida, número bem abaixo das pilhas instaladas.

O FE médio foi **1,37 st/1m<sup>3</sup>** com limites inferior e superior de intervalo de confiança da média de 1,33 st/m<sup>3</sup> e 1,42 st/1m<sup>3</sup>, respectivamente. O coeficiente de variação foi de 11,5 % e o Erro Amostral ( $E_A$ ) Relativo de 3,3%, valor bem abaixo ao erro máximo estabelecido de 10%, atendendo dessa forma a precisão requerida para  $\alpha = 0,05$  e  $gl = 49$ . O número de pilhas necessárias semelhantemente ao FC também foi baixo, apenas **6 unidades** para garantir a precisão requerida.

### 7.3. BIOMASSA RESIDUAL SERVÍVEL E NÃO SERVÍVEL DE SUPRESSÃO VEGETAL PARA FINS ENERGÉTICOS.

Nos doze pátios percorridos no celeiro da Hidrelétrica de Belo Monte, foram instaladas 50 pilhas contendo madeira servível e não servível. Na maioria dos pátios, a biomassa residual estava coberta por vegetação devido ao longo período estocagem. Foi feita a limpeza (Figura - 10) e, em seguida, a equipe (moto-serrista e empilhadores) fez os cortes das peças para formação das pilhas.



Figura – 10. Limpeza do pátio para cortes das peças de madeira.

As peças de madeiras foram cortadas com comprimento aproximado de 1,0 m e empilhadas (Figura 11).



Figura – 11. Peças de madeira para formação das pilhas.

### 7.3.1. BIOMASSA SERVÍVEL PARA FINS ENERGÉTICOS.

No Quadro 2, encontram-se os dados referentes a participação percentual de *madeiras servíveis* para produção de carvão vegetal e cavacos.

Quadro 2. Dados estatísticos de madeiras servíveis para produção de carvão e cavacos para fins energéticos.

DADOS ESTATÍSTICOS	MADEIRAS NÃO SERVÍVEIS (%)
<b>MÉDIA</b>	<b>28,24</b>
Variância	96,21
Desvio Padrão	9,81
Erro Padrão	1,347
CV (%)	34,7
<b>Intervalo de Confiança – limite inferior</b>	<b>25,53</b>
<b>Intervalo de Confiança – limite superior</b>	<b>30,95</b>
Erro Amostral - absoluto	2,7
Erro Amostral - relativo	<b>9,6</b>
<i>n</i> (calculado)	48,6
<b><i>n</i> (necessário)</b>	<b>49</b>

Os resultados apresentados no quadro 2, foram gerados a partir dos dados que se encontram no Anexo 2.

A quantificação de madeiras servíveis foi baseada nos volumes de peças de madeira servível para produção de carvão vegetal e cavacos, conforme identificadas por ocasião da classificação das peças de acordo com

A média encontrada foi de **28,24% de MADEIRAS SERVÍVEIS**, tendo-se registrado os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 25,53 e 30,95%, respectivamente. A dispersão de valores percentuais fica garantida somente dentro desses limites intervalares.

O Coeficiente de Variação foi de 34,7% e o Erro Amostral ( $E_A$ ) Relativo de 9,6%, valor próximo ao erro máximo admissível de 10%, atendendo-se dessa forma a precisão requerida para  $\alpha = 0,05$  e  $gl = 49$ . O número de pilhas necessárias foi de **49 unidades** para garantir a precisão requerida.

### 7.3.2. BIOMASSA NÃO SERVÍVEL PARA FINS ENERGÉTICOS.

No Quadro - 3, encontram-se os dados referentes a participação percentual de *madeiras não servíveis* para produção de carvão vegetal e cavacos.

Quadro 3. Dados estatísticos de madeiras não servíveis para fins energéticos.

DADOS ESTATÍSTICOS	MADEIRAS NÃO SERVÍVEIS (%)
<b>MÉDIA</b>	<b>71,76</b>
Variância	96,21
Desvio Padrão	9,81
Erro Padrão	1,387
CV (%)	13,7
<b>Intervalo de Confiança – limite inferior</b>	<b>68,97</b>
<b>Intervalo de Confiança – limite superior</b>	<b>74,55</b>
Erro Amostral - absoluto	2,8
Erro Amostral - relativo	<b>3,9</b>
<i>n</i> (calculado)	7,6
<b><i>n</i> (necessário)</b>	<b>8</b>

Os resultados apresentados no quadro 3, foram gerados a partir dos dados que se encontram no Anexo 3.

Encontrou-se uma elevada média de 71,76% de MADEIRAS NÃO SERVÍVEIS para fins energéticos, tendo-se registrado os limites inferior e superior do intervalo de confiança de 68,97 e 74,55%, respectivamente de madeiras que sofreram às ações de agentes biológicos e não biológicos (intempéries) e tendo como consequência, a sua deterioração ou degradação em função de longa exposição.

O Coeficiente de Variação foi de 13,7% e o Erro Amostral ( $E_A$ ) Relativo de 3,9%, valor bem abaixo ao erro máximo admissível de 10%, atendendo-se dessa forma a precisão requerida para  $\alpha = 0,05$  e  $gl = 49$ . O número de pilhas necessárias foi de apenas **8 unidades** para garantir a precisão requerida.

### 7.3.3. REPARTIÇÃO PERCENTUAL DAS MADEIRAS SERVÍVEIS E NÃO SERVÍVEIS.

A repartição percentual de *madeiras servíveis* e *não servíveis* está demonstrada no Quadro 4.

Quadro 4. Repartição percentual de madeiras servíveis (carvão vegetal e cavacos) e de não servíveis para fins energéticos.

REPARTIÇÃO	Madeiras servíveis (%)		Madeiras não servíveis (%)
	Carvão vegetal	Cavacos	
MÉDIA	9,49	18,75	71,76
SOMA	28,24		

Os resultados apresentados no quadro 4, foram gerados a partir dos dados que se encontram no Anexo 4.

Observa-se que a participação de *madeira servíveis* para produção de carvão vegetal foi a que apresentou o menor valor de média (9,49%), indicando que o tempo de exposição e as ações dos agentes biológicos (fungos apodrecedores) foram os principais causadores da degradação e deterioração,

seguida de madeiras para cavacos (18,75%) e, finalmente, as madeiras *não servíveis* (71,76%), sem possibilidade de uso como matéria prima energética.

#### 7.4. RESUMO GERAL.

No Quadro 5, encontram-se os dados dos parâmetros analisados neste trabalho. Verificou-se a alta deterioração e degradação das madeiras estocadas nos pátios do celeiro da Hidrelétrica de Belo Monte.

Quadro 5. Resumo dos dados de fatores de cubicação e empilhamento e da repartição percentual de madeiras servíveis e não servíveis para fins energéticos.

MEDIDA	VARIÁVEIS ESTUDADAS					
	FC (m <sup>3</sup> /1st)	FE (st/1m <sup>3</sup> )	MS <sub>(CV)</sub> (%)	MS <sub>(CAV)</sub> (%)	TMS (%)	TMNS (%)
Média	0,74	1,38	9,49	18,75	28,24	71,76

FC – fator de cubicação      FE – fator de empilhamento

MS<sub>(CV)</sub> – madeira servível para carvão vegetal      MS<sub>(CAV)</sub> - madeira servível para cavacos

TMS – total de madeira servível      TMNS – total de madeira não servível para fins energéticos.

Os valores médios de Fator de Cubicação (FC) e Fator de Empilhamento (FE) foram respectivamente de 0,74 m<sup>3</sup>/1st e 1,38 st/1m<sup>3</sup> de madeiras empilhadas.

O total de madeiras servíveis foi de apenas 28,24%, dos quais 9,49% pode ser aproveitada para produção de carvão vegetal, em função da definição da classe estabelecida no item – 5.2. (Pág. 11); 18,75% para produção de cavacos e a grande parte 71,76%, sem possibilidade de uso como matéria prima energética.

## 8. CONSIDERAÇÕES GERAIS.

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, sobre a qualificação e quantificação de madeiras estocadas na área de abrangência da Hidrelétrica de Belo Monte, pode-se inferir, as seguintes considerações técnicas:

a) As madeiras estocadas nos 12 (doze) pátios se apresentaram com alto grau de deterioração por ação de agentes biológicos, observando-se, principalmente, a ação de fungos apodrecedores (Basidiomicetos e Ascomicetos), causadores de podridão branca e podridão parda ou marrom. Além de fungos, sabe-se que a madeira é susceptível também ao ataque de outros agentes biológicos, como cupins e outros insetos que também deterioram a madeira, uma vez que esses agentes se nutrem dos principais componentes químicos da madeira (celulose, hemiceluloses e lignina).

b) Observou-se que a mais evidente deterioração da madeira foi causada pelos fungos, porém, este trabalho não teve como objeto identificar esses agentes, mas sim, constatar através de análise visual a existência de deterioração da madeira por esses agentes biológicos.

c) A degradação das madeiras por agentes não biológicos caracterizados pelas intempéries (chuva, sol e umidade relativa do ambiente) também foi observada, afetando a qualidade da madeira.

d) O maior volume de madeiras servíveis foi identificado para uso como cavacos, seguido, pelo uso como carvão vegetal. Esse fato foi reflexo, possivelmente de algumas espécies mais resistentes aos ataques de agentes biológicos, bem como apresentar madeira de melhor qualidade, em especial, no que concerne a características especiais como dureza e existência de conteúdos químicos no interior das células que tem poder repelente a esses agentes. No entanto, essas suposições não foram objetos deste estudo técnico.

## 9. CONCLUSÃO.

A longa exposição a céu aberto provocou alta deterioração das madeiras em função das ações de agentes biológicos com presença marcante de fungos apodrecedores, causadores da podridão branca e parda, além da degradação de agentes não biológicos causados por intempéries (chuva, sol e umidade relativa do ambiente). No aspecto geral, houve um comprometimento na qualidade da madeira, registrando-se a média de **71,76% de madeiras não estão aptas para serem utilizadas para fim energético como carvão ou cavacos**, devido ao alto grau de deterioração ou degradação. Ainda dentro do contexto de valores, outros resultados podem ser validados, porém, inseridos nos intervalos de confiança de 68,97 a 74,55% como madeiras não servíveis.

Assim, fundamentalmente, pode-se concluir que do total de biomassa existente, **em média, 28,24% das madeiras estocadas no celeiro da Hidrelétrica de Belo Monte podem ser aproveitadas para fins energéticos, repartidas em 9,49% destinadas à produção de carvão vegetal e de 18,74% à produção de cavacos**. Quaisquer outras variações, os valores devem estar inseridos dentro dos **intervalos de confiança de 25,45 a 31,03%**.

*No que se refere a BIOMASSA NÃO SERVÍVEL (71,76%), esse material poderia ser indicado para compostagem, visando a produção de adubo orgânico, devido ao seu elevado grau de decomposição pela ação dos fungos xilófagos. Porém, deve-se inferir a essencialidade de realização em escala experimental um estudo nesse sentido para averiguação da eficiência e qualidade do produto final.*

Os outros dados encontrados neste relatório servem de informações técnicas adicionais.

## 10. ANEXOS.

### ANEXO – 1

#### DADOS DE FATORES DE CUBICAÇÃO E EMPILHAMENTO DE MADEIRAS SERVÍVEIS E NÃO SERVÍVEIS NOS PÁTIOS DA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE

Coordenadas do PÁTIO	Nº Pilha	FC (m <sup>3</sup> /st)	FE (st/m <sup>3</sup> )
RI RG 009 ME	1	0,62	1,62
RI RG 009 ME	2	0,69	1,44
RI RG 009 ME	3	0,73	1,37
RI RG 009 ME	4	0,63	1,59
RI RG 009 ME	5	0,78	1,28
RI RG 009 ME	6	0,70	1,43
RI RG 009 ME	7	0,74	1,35
RI RG 009 ME	8	0,62	1,61
RI RG 009 ME	9	0,69	1,45
RI RG 009 ME	10	0,57	1,75
RI RG 036 ME	11	0,63	1,59
RX RG 008 ME	12	0,70	1,42
RX RG 008 ME	13	0,74	1,36
RX RG 008 ME	14	0,74	1,34
RX RG 008 ME	15	0,75	1,34
RI RG 036 ME	16	0,82	1,21
RI RG 007 ME	17	0,56	1,78
RI RG 007 ME	18	0,67	1,49
RI RG 007 ME	19	0,57	1,76
RI RG 007 ME	20	0,79	1,27
RI RG 007 ME	21	0,65	1,53
RI RG 007 ME	22	0,84	1,19
RI RG 007 ME	23	0,80	1,25
RI RG 007 ME	24	0,74	1,36
RI RG 007 ME	25	0,91	1,10
RI RG 007 ME	26	0,70	1,43
RI RG 007 ME	27	0,86	1,16
RI RG 006 ME	28	0,74	1,35
RI RG 006 ME	29	0,86	1,16

RI RG 006 ME	30	0,82	1,22
RI RG 006 ME	31	0,73	1,37
RI RG 036 ME	32	0,72	1,40
RX RG 005 ME	33	0,73	1,37
RI RG 036 ME	34	0,77	1,30
RI RG 036 ME	35	0,80	1,25
RI RG 036 ME	36	0,76	1,32
RI RG 036 ME	37	0,72	1,40
RI RG 035 ME	38	0,72	1,39
RX RG 008 ME	39	0,85	1,18
RX RG 008 ME	40	0,80	1,25
RI RG 036 ME	41	0,81	1,23
22M0415422Y9635256	42	0,74	1,35
22M0415422Y9635256	43	0,84	1,20
22M0415422Y9635256	44	0,72	1,38
22M0415522Y9635280	45	0,73	1,37
22M0415422Y9635256	46	0,84	1,19
RX RG 008 ME	47	0,73	1,38
RX RG 008 ME	48	0,74	1,35
RX RG 008 ME	49	0,69	1,45
RX RG 008 ME	50	0,84	1,20
<b>Média</b>		<b>0,74</b>	<b>1,37</b>
Variância		0,006	0,025
Desvio Padrão		0,080	0,157
Erro Padrão		0,011	0,022
Coefficiente de Variação (%)		10,8	11,5
<b>Intervalo de Confiança – limite inferior</b>		<b>0,72</b>	<b>1,33</b>
<b>Intervalo de Confiança – limite superior</b>		<b>0,76</b>	<b>1,42</b>
Erro Amostral - Absoluto		0,023	0,045
Erro Amostral - Relativo		<b>3,1</b>	<b>3,3</b>
<i>n</i> (calculado)		4,7	5,3
<b><i>n</i> (necessário)</b>		<b>5</b>	<b>6</b>

## ANEXO - 2

### PORCENTAGEM DE MADEIRAS SERVÍVEIS NOS PÁTIOS DA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE

Coordenadas do PÁTIO	Nº Pilha	Servíveis (%)
RI RG 009 ME	1	46,6
RI RG 009 ME	2	36,2
RI RG 009 ME	3	37,3
RI RG 009 ME	4	29,1
RI RG 009 ME	5	44,6
RI RG 009 ME	6	29,5
RI RG 009 ME	7	16,8
RI RG 009 ME	8	22,6
RI RG 009 ME	9	45,1
RI RG 009 ME	10	22,9
RI RG 036 ME	11	33,0
RX RG 008 ME	12	38,0
RX RG 008 ME	13	37,7
RX RG 008 ME	14	31,5
RX RG 008 ME	15	24,0
RI RG 036 ME	16	38,1
RI RG 007 ME	17	41,5
RI RG 007 ME	18	27,1
RI RG 007 ME	19	19,9
RI RG 007 ME	20	38,1
RI RG 007 ME	21	28,6
RI RG 007 ME	22	39,7
RI RG 007 ME	23	16,9
RI RG 007 ME	24	20,0
RI RG 007 ME	25	37,7
RI RG 007 ME	26	13,2
RI RG 007 ME	27	33,2
RI RG 006 ME	28	23,6
RI RG 006 ME	29	32,8
RI RG 006 ME	30	25,1
RI RG 006 ME	31	27,6
RI RG 036 ME	32	12,1

RX RG 005 ME	33	26,0
RI RG 036 ME	34	26,6
RI RG 036 ME	35	15,1
RI RG 036 ME	36	14,2
RI RG 036 ME	37	40,1
RI RG 035 ME	38	24,6
RX RG 008 ME	39	34,5
RX RG 008 ME	40	47,5
RI RG 036 ME	41	22,2
22M0415422Y9635256	42	16,5
22M0415422Y9635256	43	14,5
22M0415422Y9635256	44	17,8
22M0415522Y9635280	45	16,4
22M0415422Y9635256	46	15,6
RX RG 008 ME	47	25,5
RX RG 008 ME	48	31,0
RX RG 008 ME	49	20,1
RX RG 008 ME	50	33,7
<b>Média</b>		<b>28,24</b>
Variância		96,21
Desvio Padrão		9,81
Erro Padrão		1,387
Coeficiente de Variação (%)		34,7
<b>Intervalo de Confiança – limite inferior</b>		<b>25,45</b>
<b>Intervalo de Confiança – limite superior</b>		<b>31,03</b>
Erro Amostral - Absoluto		2,8
Erro Amostral - Relativo		<b>9,9</b>
<i>n</i> (calculado)		48,8
<b><i>n</i> (necessário)</b>		<b>49</b>

### ANEXO - 3

#### PORCENTAGEM DE MADEIRAS NÃO SERVÍVEIS NOS PÁTIOS DA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE

Coordenadas do PÁTIO	Nº Pilha	Não servíveis (%)
RI RG 009 ME	1	53,4
RI RG 009 ME	2	63,8
RI RG 009 ME	3	62,7
RI RG 009 ME	4	70,9
RI RG 009 ME	5	55,4
RI RG 009 ME	6	70,5
RI RG 009 ME	7	83,2
RI RG 009 ME	8	77,4
RI RG 009 ME	9	54,9
RI RG 009 ME	10	77,1
RI RG 036 ME	11	67,0
RX RG 008 ME	12	62,0
RX RG 008 ME	13	62,3
RX RG 008 ME	14	68,5
RX RG 008 ME	15	76,0
RI RG 036 ME	16	61,9
RI RG 007 ME	17	58,5
RI RG 007 ME	18	72,9
RI RG 007 ME	19	80,1
RI RG 007 ME	20	61,9
RI RG 007 ME	21	71,4
RI RG 007 ME	22	60,3
RI RG 007 ME	23	83,1
RI RG 007 ME	24	80,0
RI RG 007 ME	25	62,3
RI RG 007 ME	26	86,8
RI RG 007 ME	27	66,8
RI RG 006 ME	28	76,4
RI RG 006 ME	29	67,2
RI RG 006 ME	30	74,9
RI RG 006 ME	31	72,4
RI RG 036 ME	32	87,9
RX RG 005 ME	33	74,0

RI RG 036 ME	34	73,4
RI RG 036 ME	35	84,9
RI RG 036 ME	36	85,8
RI RG 036 ME	37	59,9
RI RG 035 ME	38	75,4
RX RG 008 ME	39	65,5
RX RG 008 ME	40	52,5
RI RG 036 ME	41	77,8
22M0415422Y9635256	42	83,5
22M0415422Y9635256	43	85,5
22M0415422Y9635256	44	82,2
22M0415522Y9635280	45	83,6
22M0415422Y9635256	46	84,4
RX RG 008 ME	47	74,5
RX RG 008 ME	48	69,0
RX RG 008 ME	49	79,9
RX RG 008 ME	50	66,3
<b>Média</b>		<b>71,76</b>
Variância		96,21
Desvio Padrão		9,81
Erro Padrão		1,387
Coeficiente de Variação (%)		13,7
<b>Intervalo de Confiança – limite inferior</b>		<b>68,97</b>
<b>Intervalo de Confiança – limite superior</b>		<b>74,55</b>
Erro Amostral - Absoluto		2,8
Erro Amostral - Relativo		<b>3,9</b>
<i>n</i> (calculado)		7,6
<b><i>n</i> (necessário)</b>		<b>8</b>

## ANEXO – 4

### REPARTIÇÃO PERCENTUAL DE MADEIRAS SERVÍVEIS E NÃO SERVÍVEIS ESTOCADAS NOS PÁTIOS DA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE

COORDENADAS DO PÁTIO	REPARTIÇÃO (%)		
	CV	CAV	MNS
RI RG 009 ME	18,6	28,0	53,4
RI RG 009 ME	15,3	20,9	63,8
RI RG 009 ME	20,0	17,3	62,7
RI RG 009 ME	0,0	29,1	70,9
RI RG 009 ME	14,7	29,9	55,4
RI RG 009 ME	5,2	24,3	70,5
RI RG 009 ME	0,0	16,8	83,2
RI RG 009 ME	0,0	22,6	77,4
RI RG 009 ME	0,0	45,1	54,9
RI RG 009 ME	9,0	13,9	77,1
RI RG 036 ME	10,7	22,3	67,0
RX RG 008 ME	21,3	16,7	62,0
RX RG 008 ME	26,8	10,9	62,3
RX RG 008 ME	4,9	26,6	68,5
RX RG 008 ME	5,4	18,6	76,0
RI RG 036 ME	4,5	33,6	61,9
RI RG 007 ME	23,9	17,6	58,5
RI RG 007 ME	12,5	14,7	72,9
RI RG 007 ME	11,4	8,6	80,1
RI RG 007 ME	33,6	4,5	61,9
RI RG 007 ME	11,5	17,1	71,4
RI RG 007 ME	19,0	20,7	60,3
RI RG 007 ME	8,1	8,8	83,1
RI RG 007 ME	8,4	11,6	80,0
RI RG 007 ME	30,3	7,4	62,3
RI RG 007 ME	0,0	13,2	86,8
RI RG 007 ME	2,9	30,3	66,8
RI RG 006 ME	0,0	23,6	76,4

RI RG 006 ME	7,3	25,4	67,2
RI RG 006 ME	0,0	25,1	74,9
RI RG 006 ME	11,1	16,6	72,4
RI RG 036 ME	11,3	0,8	87,9
RX RG 005 ME	11,6	14,4	74,0
RI RG 036 ME	8,2	18,4	73,4
RI RG 036 ME	0,0	15,1	84,9
RI RG 036 ME	9,6	4,6	85,8
RI RG 036 ME	27,3	12,8	59,9
RI RG 035 ME	0,0	24,6	75,4
RX RG 008 ME	13,7	20,7	65,5
RX RG 008 ME	4,1	43,4	52,5
RI RG 036 ME	6,3	15,9	77,8
22M0415422Y9635256	0,0	16,5	83,5
22M0415422Y9635256	0,0	14,5	85,5
22M0415422Y9635256	0,0	17,8	82,2
22M0415522Y9635280	2,9	13,5	83,6
22M0415422Y9635256	0,0	15,6	84,4
RX RG 008 ME	7,8	17,7	74,5
RX RG 008 ME	10,5	20,5	69,0
RX RG 008 ME	10,4	9,7	79,9
RX RG 008 ME	13,9	19,8	66,3
<b>MÉDIA (%)</b>	<b>9,49</b>	<b>18,75</b>	<b>71,76</b>
<b>SOMA</b>	<b>28,24</b>		

CV – carvão vegetal

CAV – cavacos

MNS – madeiras não servíveis

## 11. ALGUMAS ILUSTRAÇÕES.





IMAGENS QUE RETRATAM A SITUAÇÃO DOS PÁTIOS E DO LEVANTAMENTO DE DADOS SOBRE AS MADEIRAS ESTOCADAS NO CELEIRO DA HIDRELÉTRICA DE BELO MONTE.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA**

End.: Av. Tancredo neves, 2501 – Bairro: Terra Firme

CEP: 66.070 – 530 Belém – Pará - Brasil

CNPJ: 05.200.001/0001-01

**FUNDAÇÃO DE APOIO A PESQUISA, EXTENSÃO E ENSINO EM CIÊNCIAS  
AGRÁRIAS – FUNPEA**

End.: Av. Tancredo neves, 2501 – Bairro: Terra Firme

CEP: 66.070 – 530 Belém – Pará – Brasil

CNPJ: 01.821.471/0001-23

**CKTR BRASIL SERVIÇOS LTDA**

Rua Peroba, 704, Bairro Jardim Botânico, Vitória do Xingu-PA, CEP: 68.383-900,  
Estado do Pará

CNPJ: 82.502.196/0003 - 49

**SUEO NUMAZAWA**

Professor/Pesquisador - UFRA/FUNPEA

**JOSUÉ EVANDRO RIBEIRO FERREIRA**

Eng. Florestal/CKTR – Vitória do Xingu