

*Inovação e Sustentabilidade sob a Ótica da  
Economia Ecológica. VITÓRIA/ES, 17 A 21 DE SETEMBRO DE 2013.  
Hotel Vitória Grand Hall*

**X ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA  
DE ECONOMIA ECOLÓGICA**



**X ENCONTRO DA ECOECO**

Setembro de 2013

Vitória - ES - Brasil

---

**ANÁLISE ECONOMETRICA DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS MADEIREIROS NO MUNICÍPIO DE  
SINOP-MT**

**MICHELE JACKELINE ANDRESSA ROSA** (UFMT) - mimiandressa@hotmail.com  
*Mestranda do Curso de Agronegócio e Desenvolvimento Regional (UFMT)*

**Arturo Alejandro Zavala Zavala** (UFMT) - arturoz@ufmt.br  
*Doutor em Estatística – USP. Professor Adjunto da faculdade de Economia - UFMT*

**Silvia Viera Cangussu** (UFMT) - silvia\_vieiracangussu@hotmail.com  
*Mestranda do Curso de Agronegócio e Desenvolvimento Regional (UFMT)*

**Mamadu Lamarana Bari** (UFMT) - mlbarry1@gmail.com  
*Doutor em Economia Aplicada - UFV. Professor Adjunto da faculdade de Economia - UFMT*

**Ana Claudia Pinto** (UFMT) - anacpinto@hotmail.com  
*Mestranda do Curso de Agronegócio e Desenvolvimento Regional (UFMT)*

# ANÁLISE ECONOMETRICA DOS RESÍDUOS INDUSTRIAIS

## MADEIREIROS NO MUNICÍPIO DE SINOP-MT

**Eixo temático: Cidades sustentáveis – Resíduos sólidos, reciclagem e Estatuto da Cidade.**

**Resumo:** O presente trabalho teve como objetivo de analisar econometricamente os resíduos industriais madeireiros no município de Sinop/MT no período de 1995 a 2011, para melhor determinação do uso como insumos de produção. O método usado para analisar o modelo foi de regressão linear múltipla para explicar a relação entre média do percentual de umidade do resíduo em relação ao tempo de estocagem dos resíduos nas empresas e o tempo de secagem na estufa. Os resultados obtidos indicam que para a utilização dos resíduos, as a variável percentual de umidade tem uma relação direta com as variáveis tempo de estocagem e tempo de secagem, visto que a variável tempo de secagem correlaciona-se mais com a variável dependente, onde a isto mostra que na maioria das vezes a utilização eficiente dos resíduos (serragem) depende de quanto tempo esta fica na estufa para ser seca. Procurou-se enfatizar as características do setor de base florestal no município, de acordo com o número de empresas, tipos de atividade realizada no município. E para finalizar uma análise dos possíveis aproveitamentos dos resíduos através dos resultados econométricos.

**Palavras-chaves:** Setor de Base Florestal, Resíduos Madeireiros, Econometria.

**Abstract:** The present study aimed to analyze paper econometrically investigates the industrial waste wood in the city of Sinop/MT in the period 1995 to 2011, to better determine the use as inputs for production. The method used to analyze the model was of multiple linear regression to explain the relationship between mean percentage of humidity of the residue in relation to the time of storage of the waste in the companies and the drying time in the oven. The method used to analyze the model was of multiple linear regression to explain the relationship between mean percentage of humidity of the residue in relation to the time of storage of the waste in the companies and the drying time in the oven. We sought to emphasize the characteristics of forest-based sector in the city, according to the number of companies, types of activity in the municipality. And finally an analysis of the possible usages of the waste through the econometric results.

**Key Words:** Forest-based sector, waste wood, Econometrics.

## INTRODUÇÃO

A análise da variável média do percentual de umidade da serragem em relação às variáveis, tempo de estocagem da serragem e tempo de secagem na estufa do resíduo, medidos através de métodos econométricos, associadas com resíduos industriais madeireiros no município de Sinop-MT no período de 1995 a 2011.

Esses têm como finalidade determinar o melhor uso da serragem com insumos vinculados à produção na região Norte de Mato Grosso, principalmente para o município de Sinop, onde se agrega um grande número de empresas madeireiras, cujos processos de fabricação implicam na utilização de uma elevada quantidade de resíduos durante o processamento da matéria-prima, visto que, grandes partes dos resíduos não estão sendo aproveitados economicamente. Pelo contrário, são depositados em lugares inadequados ocasionando um grande problema para os empresários e a sociedade, tanto nos aspectos ambientais quanto para a perspectiva econômica.

Por este motivo, há empresas, que buscam alternativa para o aproveitamento destes, visando melhorar seu desempenho econômico, bem como evolução do setor de emprego e renda, juntamente com a diminuição de possíveis impactos ambientais relacionados à geração desse resíduo e principalmente pelo seu acondicionamento de maneira errada. A necessidade de preservação ambiental tem levado à adoção de tecnologias que utilizam os recursos naturais de maneira mais eficiente e menos danosa. Ao mesmo tempo, buscam-se soluções para diminuição ou mesmo eliminação de resíduos industriais.

O setor de base florestal visto de maneira global usa os recursos naturais forma ineficiente, tanto na obtenção da matéria prima, quanto na fase de produção dos produtos, como também no descarte dos produtos no fim de sua vida útil, contra a exploração dos recursos madeireiros, principalmente das florestas nativas, levando a grande devastação desses recursos constituindo a grande geração de resíduos.

A maior parte dos resíduos gerados pela indústria do setor vem da madeira não tratada. É decorrente do beneficiamento dos troncos e posterior uso de peças comerciais já cortadas, quando tal material é serrado, furado, entalhado, aparelhado, lixado, entre outros processos, gerando assim a serragem (maravalha e pó de serra), as costaneiras, as pontas de peças (TEIXEIRA, 2005).

Em grande maioria, a serragem sempre foi considerada lixo, e também provocou problemas a população pelas constantes emissões fumaça pelas queimadas indiscriminadas, sendo que atualmente estão proibidas em virtude dos inúmeros impactos ambientais e para saúde do ser humano, contribuindo muito

para o acúmulo desses resíduos. Esta serragem é estocada nos pátios das serrarias, em céu aberto, por um grande período de tempo, originando consideráveis impactos ao meio ambiente por ter grande volume nas madeiras, e também prejuízo aos madeireiros pelos custos de manter estes estoques por extensas periodicidades de tempo. Diante disso, levanta-se o seguinte problema: Qual o grau de relacionamento da variável média do percentual de umidade do resíduo em relação às variáveis, tempo de estocagem do resíduo e tempo de secagem do resíduo e a importância do aproveitamento dos resíduos no Município de Sinop-MT no período de 1995 a 2011?

Como hipótese principal do trabalho, os estoques de resíduos industriais madeireiros existentes e potenciais do município de Sinop-MT e precisam ser aproveitados como insumos de produção.

Dessa forma, o objetivo geral consiste em determinar os graus de relacionamento da variável média do percentual de umidade em relação às variáveis, tempo de estocagem e tempo de secagem, avaliados estatisticamente e econometricamente, das características dos estoques de resíduos de madeira, que permitam ampliar o uso como insumos de produção no Município de Sinop-MT.

Especificamente, pretende-se avaliar as características dos estoques atuais e potenciais de resíduos de madeira, e analisar potencial econômico do atual estoque de resíduos indústrias, na sua utilização como insumo de produção, seus possíveis aproveitamentos.

O trabalho está organizado da seguinte forma: a próxima seção apresenta os resíduos produzidos na indústria madeireira, a seção três mostra o método utilizado, a seção quatro apresenta e discute os resultados; e finalmente, as conclusões.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 OS RESÍDUOS PRODUZIDOS NAS INDÚSTRIAS MADEIREIRAS**

É conhecido como resíduo no setor florestal o que sobra da colheita florestal e da produção madeireira do desdobro e beneficiamento. Segundo Fontes

(1994) e IBDF/DPq-LPF (1998) os resíduos de madeira podem ser classificados em três tipos distintos:

1. Serragem: resíduo gerado da operação de serras, encontrado em todos os tipos de indústria, à exceção das laminadoras;
2. Cepilho: conhecido também por maravalha, resíduo gerado pelas plainas nas instalações da serraria e beneficiamento da indústria que adquirem a madeira já transformada e a processam em componentes para móveis, esquadrias, pisos, forros, etc;
3. Lenha: resíduo de maiores dimensões, gerado em todos os tipos de indústria, composto por costaneiras, aparas, refilos, resíduos de topo de tora, restos de lâminas.

Os resíduos industriais de madeira são oriundos do processamento mecânico das toras de madeira sólida. Durante o corte e descasque, processamentos de desdobro, desengrosso, serragem e acabamento, há uma geração de vários tipos de sobras sólidas peculiares a cada etapa.

O sistema produtivo típico de uma indústria madeireira tradicional, onde os resíduos gerados na fase do desdobro é a serragem, resíduo do refinamento, costaneiras e aparos ou cascas, estes resíduos gerados não são utilizados pelas serrarias, desta forma causando alguns impactos ao meio ambiente e sociedade, onde vão a queima e são depositados a céu aberto nos pátios das serrarias, poluindo o ar, o solo e a água.

O aproveitamento de resíduos do setor de base florestal contribui com a diminuição do impacto ambiental, econômico e social, e possibilita um melhor desenvolvimento econômico para este setor na utilização dos resíduos. A quantidade de resíduos produzidos tem grandes possibilidades de soluções para a sua utilização, com investimentos em técnicas de secagem, aquisição de equipamentos mais eficientes e no planejamento do procedimento de corte (FAGUNDES, 2003).

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Discussão do Modelo de Regressão Linear

Gujarati (2011, p. 39) “a análise de regressão ocupa-se do estudo da dependência de uma variável, a variável dependente, em relação a uma ou mais variáveis, as variáveis explicativas, com o objetivo de estimar e prever a média da população ou o valor médio da variável dependente em termos dos valores conhecidos das explicativas”.

De acordo com Sartoris (2003) Suponhamos, ainda, que  $X$  é a variável independente e  $Y$  é a variável dependente, isto é,  $Y$  que é afetado por, e não o contrário. Uma função afim (linear), cada  $Y$  pode ser escrito em função de cada  $X$  da seguinte forma:

$$Y = \alpha + \beta X + \varepsilon \quad (01)$$

sendo  $\alpha + \beta X$  a equação da reta, e  $\varepsilon$  o termo de erro.

Segundo Vasconcellos *et al* (2000, p. 23) afirma que “a inclusão de um componente aleatório na especificação de um modelo econométrico pode ser explicada por três ordens de fatores: a) omissão de variáveis explicativas; b) o comportamento humano e social não é exatamente previsível; c) a variável dependente apresenta erros de medida”.

De acordo com Vasconcellos *et al* (2000) existem diversas maneiras de se estimar os parâmetros de uma equação de regressão, ou seja, que determine os parâmetros de  $\beta_i$ . Contudo, um dos métodos mais utilizados para a estimação dos parâmetros da função é o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários (MQO).

O método dos mínimos quadrados é um dos “mais poderosos e populares métodos de análise de regressão” (GUJARATI, (2011, p.78). O princípio do Método dos Mínimos Quadrados (MQO) de acordo com Hill (2003) afirma que para ajustar a reta aos valores observados, deve-se procurar uma reta em que a soma dos quadrados das distâncias verticais de cada ponto à reta seja a menor possível. O autor ressalta que tal regra é arbitrária, mas eficiente, e resume-se a uma forma de descrever uma reta que passe exatamente entre os pontos.

Na reta de regressão ajustada aos dados pelo Método dos Mínimos Quadrados Ordinários, o intercepto  $\alpha$  e o coeficiente angular  $\beta_i$  são definidos como  $b_1$  e  $b_2$ . Logo, a reta ajustada é:

$$\hat{y} = b_1 + b_2 x_i \quad (02)$$

Segundo Hill (2003, p. 58) “o princípio dos mínimos quadrados afirma que as estimativas  $b_1$  e  $b_2$  de  $\beta_1$  e  $\beta_2$  são as que devem ser usados, pois a reta que as tem como intercepto e coeficiente angular é a que melhor se ajusta aos dados”.

Cada reta ajustada gera um conjunto de resíduos definidos como:

$$e_i = Y_i - \hat{Y}_i \quad (03)$$

Onde  $Y$  é o valor realmente observado da variável,  $\hat{Y}$  é o valor da variável estimado pelo modelo e  $e_i$  o resíduo gerado.

### 3.1.1 Coeficiente de determinação

Segundo Gujarati (2011, p. 97) “o coeficiente de determinação  $r^2$  (regressão simples) ou  $R^2$  (regressão múltipla) é uma medida sintética que diz quão bem a reta de regressão da amostra se ajusta aos dados”.

O coeficiente de determinação (ou de explicação) é dado por:

$$r^2 = \frac{\sum \left( \hat{Y}_i - \bar{Y} \right)^2}{\sum \left( Y_i - \bar{Y} \right)^2} \quad (04)$$

Para Fonseca *et al* (1985, p. 100) “este coeficiente indica quantos por cento a variação explicada pela regressão representa da variação total”.

### 3.1.2 Covariância e correlação

De acordo com Hill (2003, p. 29) a covariância e pela correlação entre duas variáveis aleatória, ressalta que a covariância, assim como a média e a variância de uma variável aleatória única, é uma esperança matemática que envolve duas variáveis aleatórias.

Neste sentido, sejam  $X$  e  $Y$  duas variáveis aleatórias, a covariância entre elas é dada por:

$$\text{cov}(X,Y) = E[(X - E[X])(Y - E[Y])] \quad (05)$$

O sinal da covariância entre as duas variáveis aleatórias pode ser positivo ou negativo. Se for positivo indica uma associação direta, caso contrário trata-se de uma covariância inversa.

Segundo Hill (2003, p. 31) “a magnitude da covariância é difícil de interpretar, por que depende das unidades de medida das variáveis aleatórias”. A variação simultânea entre as duas variáveis é mais claramente identificada através da correlação entre elas.

A correlação entre variáveis aleatórias  $X$  e  $Y$  é tida pela divisão da covariância destas pelas suas respectivas variâncias, ou desvios-padrão. Assim:

$$\rho = \frac{\text{cov}(X,Y)}{\sqrt{\text{var}(X)\text{var}(Y)}} \quad (06)$$

Portanto, a covariância, e correlação entre duas variáveis aleatórias identificam o grau de associação linear entre elas, mas seu valor deve estar em  $-1$  e  $1$ .

### 3.1.3 Teste F

Assim como no modelo de regressão linear simples, as inferências no modelo de regressão múltipla se baseiam necessariamente no pressuposto de que o erro aleatório  $\varepsilon_0$  siga alguma distribuição normal de probabilidade.

Segundo Hill (2003, p. 197) “o teste  $F$  para um conjunto de hipótese baseia-se em uma comparação da soma dos quadrados dos erros do modelo múltiplo não restrito, original, com a soma dos quadrados dos erros de um modelo de regressão em que se supõe verdadeira a hipótese nula”.

Neste sentido, pelo teste  $F$  se a soma dos quadrados dos erros for muito diferente, a hipótese nula deixa de ser significativamente capaz de ajustar os dados do modelo, e por isso a hipótese nula deixa de ser verdadeira.

Para que a hipótese nula os dados devem ser compatíveis com as condições impostas aos parâmetros. Uma pequena variação na soma de quadrados de erros supõe-se verdadeira a hipótese nula.

Dado modelo de regressão do trabalho , tal como:



$$média\%U_i = \beta_1 + \beta_2 tes + \beta_3 ts + \varepsilon_0 \quad (07)$$

Onde:

Variável dependente = média do percentual de umidade – média %u (y)

Variável independente = tempo de estocagem - TES (X1), tempo de secagem – TS (X2)

para testar a hipótese:

$$H_0 = \beta_2 = \beta_3 \quad (08)$$

contra:

$H_1$  = Nem todos os coeficientes de inclinação são simultaneamente zero.

O teste  $F$  é dado por:

$$F = \frac{SEQ/(k-1)}{SRQ/(n-k)} \quad (09)$$

Caso  $F$  for maior que  $F_\alpha(k-1, n-k)$ , a hipótese nula  $H_0$  é rejeitada, caso contrário não, sendo  $F_\alpha(k-1, n-k)$  o valor crítico de significância de  $F$  ao nível de significância  $\alpha$ .

### 3.2 Dados

Quanto ao critério de definição da amostra da pesquisa, foram feitas coleta de amostra de resíduos nas indústrias madeireiras, para análise em laboratório para determinar as variáveis a ser analisada econometricamente, levando em consideração que a amostra a se utilizada é uma amostra estratificada, que caracteriza-se pela seleção de uma amostra de cada subgrupos um estrato do universo considerado.

De acordo com a SEMA - Secretaria de Estado do Meio Ambiente existem 321 empresas do setor de base florestal no município de Sinop-MT, onde foram selecionadas através de estrato 8 empresas destas, onde 5 industriais madeireiras, 2 briqueteiras e 1 olarias. Essas empresas selecionadas têm um grande volume de estoques de resíduos estocado em suas empresas.

A pesquisa foi realizada durante vários meses do ano de 2010 e 2011, onde as amostras foram coletadas por camadas onde locais onde estavam depositadas, pois elas encontram na base do monte de pó de serra mais úmidas e escuras,

enquanto as do meio e as do topo são amostras mais novas com pouco tempo de estocagem. Essas amostras contêm vários tipos de espécies de madeira e vários períodos de tempo de estoque.

A amostragem foi realizada com o objetivo de coletar resíduos no estado em que se encontravam armazenados nas empresas e poderiam vir a ser disponibilizados; por este motivo, foi realizado o processamento de secagem para analisar estaticamente e econometricamente a diferença do peso da serragem depois do processamento.

Durante a coleta das amostras foram levantadas também informações relativas à produção das empresas, como espécies de madeira serrada, índice de aproveitamento, forma de armazenamento e atividade realizada, entre outras.

As espécies de madeiras serradas são diversas, como angelim, amescla, champanha, cedro, jatobá, sucupira preta, garapeira guanandi, cambará, canelão e itaúba, entre outras.

Nas empresas onde foi realizada a coleta das amostras observou-se que a serragem encontrava-se depositada nos galpões das máquinas, ou sobre o terreno da mesma, a céu aberto. Algumas destas empresas doam ou vendem os resíduos para entidade de geração de energia, assim não deixando o resíduo depositado por muito tempo em seu pátio. Também podemos constatar que algumas destas empresas atualmente não têm destino correto para esses resíduos gerados pelo processamento da madeira, desta forma sendo estocados por um longo período de tempo em seus estabelecimentos, ocasionando grandes impactos a sociedade, a economia e ao meio ambiente.

As amostras coletadas foram colocadas em um saco plástico com uma etiqueta que contém o nome da empresa, tempo de estoque e tipo de espécie, contendo cerca de 150 g de serragem. O material foi coletado no pátio das empresas em seguida levados para laboratório, onde foram processados os dados levantados.

Esse processamento foi realizado por meio de secagem feito em estufa de laboratório, em temperatura de 105°C no período de 30, 60 e 120 minutos.

O peso inicial da amostra é de 50g e o peso do recipiente utilizado na pesquisa é de 32,5g. Depois de pesada a amostra inicial, a mesma é levada à

estufa por alguns minutos, em seguida é retirada da estufa e pesada novamente para saber o peso depois da secagem.

Para levantamento dos dados os seguintes cálculos foram realizados:

Diferença do peso:

$$\neq peso = PI - PF \quad (10)$$

Percentual de umidade:

$$\%U = \frac{\# peso}{PI} \quad (11)$$

Média do percentual de umidade:

$$M \%U_{(TES, TS)} = \frac{\sum_{i=1}^n \%U}{n} \quad (12)$$

Onde:

$\neq$  Peso = valor da diferença do peso, amostra seca

PI = peso inicial da amostra 50g

PF = peso final da amostra depois de seca

%u = percentual de umidade da amostra

M%u = média do percentual de umidade

TES = tempo de estocagem da amostras no pátio da empresa

TS = tempo de secagem

$\sum_{i=1} \%U$  = somatórios do percentual de umidade das amostras, de acordo

com TES e TS<sub>n</sub> = números de amostras do percentual de umidade, de acordo com TES e TS

As amostras analisadas contêm vários tipos de espécies de madeira e vários períodos de tempo de estoque, o tempo de estocagem trabalhado no modelo foi de um ano, dois, três, quatro, cinco, dez e quinze anos de estocagem no pátio das empresas.

### 3.3 Aspectos Econométricos

Para analisar qual variável se relaciona-se mais com média do percentual de umidade do resíduos, para sua utilização de forma eficiente no município de

Sinop/MT, primeiramente analisou a correlação e a regressão, a variável (y) média do percentual de umidade é uma variável contínua, já as variáveis ( $x_1$ ) tempo de estocagem do resíduo na empresa e ( $x_2$ ) tempo de secagem na estufa são variáveis discretas, mostrando assim que  $R^2$  não vai ter um valor muito significativo no modelo. O modelo foi estimado pelo *software* E-Views 7 e também o Excel.

Após utilizado o modelo de regressão múltipla pelo método clássico de MQO – mínimos quadrados ordinários. Observaram-se problemas de autocorrelação de primeira ordem. Com a finalidade de corrigir a variável que estaria causando autocorrelação de primeira ordem no modelo, foi considerado os modelos autoregressivos de primeira ordem AR (1). O programa Eviews fez a estimação considerando a correção para o autoregressivo de primeira ordem.

## **4 ANÁLISE DOS RESULTADOS**

### **4.1 Característica do Setor de Base Florestal de Sinop-MT**

Geograficamente a região de Sinop compreende, além do seu município, mais oito cidades que se destacam com a atividade madeireira, como Feliz Natal, Vera, Santa Carmem, Itaúba, Cláudia, União do Sul, Marcelândia e também deve ser considerado Juara, de importância decisiva na produção e extração de madeira, não só regional como no Estado de Mato Grosso todo.

Historicamente, a partir da década de 1980, com o começo do desenvolvimento da agroindústria e o agronegócio consequentemente chegou o desmatamento e o setor madeireiro anteriormente dedicado fundamentalmente a exploração das espécies florestais mais procuradas deixando parte dela, menos atrativa economicamente, intacta, passa a derrubar todo o tipo de árvores. Nos primeiros anos da década a exploração de madeira teve uma queda, tendo mais importância o projeto soja, ou seja, a expansão da fronteira agrícola.

O setor reagiu por ser a região possuidora de grandes reservas florestais começando por aproveitar aquelas madeiras que anteriormente não foram suficientemente valorizadas e agora começam a ser. Houve uma melhoria tecnológica notável ao começar a se ampliar as atividades tradicionais. Acrescentando a industrialização com a produção dentro das mesmas empresas de artigos como portas, janelas, alguns tipos de móveis, aumentando o consumo

interno das sobras ou resíduos na produção dos compensados necessários para essas novas linhas de produção, aparecendo outras atividades como o laminado cujo número já é considerável, principalmente no município de Sinop, onde são aproveitadas aquelas madeiras mais moles como a Amescla. Também aumentaram as moveleiras, marcenarias, a construção civil, elaboração de artesanatos e briqueteiras.

**Tabela 1 – Distribuição das empresas do setor de base florestal por atividades, em total e percentual (%) de Sinop-MT**

Atividades	Empresas	Participação (%)
Serraria	177	55,14
Beneficiamento	55	17,13
Armazenagem	18	5,61
Comercialização	19	5,92
Industrialização	4	1,25
Consumo	33	10,28
Extração +Coleta	5	1,56
Extração	8	2,49
Laminado	2	0,62
Produção	0	0,00
Total	321	100,00

Fonte: SEMA (2012), elaborado.

No município de Sinop existem 321 empresas do setor de base florestal de acordo com os dados da Secretaria de Meio Ambiente do Estado de Mato Grosso - SEMA, onde estas realizam diversas atividades como, serraria, beneficiamento, armazenagem, comercialização, industrialização, consumo, laminado, extração, coleta e produção, associadas com o reflorestamento mais esta atividade não é desenvolvida no município segundo a tabela 1 que pode ser verificada acima.

De acordo com os dados da tabela 1 pode-se observar que no município de Sinop há um grande número de indústrias madeireiras, onde sua principal atividade é a de serraria, que contém 55,14% de empresas que realizam estas atividades, as de extração e coleta de madeira nativa têm diminuído com um percentual de 1,56%.

Os principais fatores motivadores para o município de Sinop quase parar com a extração e coleta de madeira nativa, podem ser relacionados com sua história, localização geográfica privilegiada em relação à Amazônia e pela BR

163, que leva a imposição de muitas leis ambientais, além do desenvolvimento da agroindústria e dos agronegócios com o consequente desmatamento e afetações nas florestas, principalmente nas madeiras mais procuradas.

Em contrapartida é o mais industrializado de toda região e fundamental comprador da madeira nativa em toras dos outros municípios como Juara, Marcelândia, Feliz Natal, Santa Carmem, União do Sul e Cláudia, onde justifica o fato de ser o mais destacado nas atividades industriais com o maior aporte financeiro pelas vendas dentro e fora do Estado.

## 4.2 Correlação e Regressão linear múltipla

A correlação entre duas variáveis aleatórias identificam o grau de associação linear entre elas, mas seu valor deve estar em  $-1$  e  $1$ . Quando o sinal da correlação entre as duas variáveis aleatórias for positivo indica uma associação direta, caso contrário trata-se de uma correlação inversa. A tabela 2, a seguir demonstra a correlação entre a variável média do percentual de umidade e as outras duas variáveis que são tempo de estocagem e tempo de secagem com intuito de verificar se há correlação entre as variáveis.

**Tabela 2 - Demonstrativo da Matriz de correlação**

	Média % U	TES	TS
Média % U	1		
TES	-0,240483343	1	
TS	0,563101782	0,03007129	1

Fonte: Elaborada (2012).

Segundo os dados das amostras, observa-se que as a variável média do percentual de umidade e tempo de estocagem é uma correlação negativa e baixa de 24%, com relação ao tempo de estufa foi detectada uma correlação positiva moderada de 56%. Já a respeito da relação entre as variáveis independente, tempo de estocagem e tempo de estufa mostra que a correlação das variáveis é baixa.

Portanto, o grau de relacionamento da variável percentual de umidade e tempo de secagem tem um à correlação positiva nas amostras analisadas. Já a respeito com tempo de estocagem o grau de correlação é negativo e baixo.

#### 4.2.1 Regressão linear múltipla

A Tabela 3 mostra os principais resultados obtidos no modelo de regressão linear múltipla. Onde o trabalho estimou o grau de relacionamento entre a variável média do percentual de umidade em relação às variáveis, tempo de estocagem e tempo de secagem para verificar as possíveis utilizações dos resíduos de forma eficiente, no período de 1995 a 2011 no município de Sinop-MT, onde foram analisadas amostras anuais, e tamanho da amostra é 104 observações.

Variável dependente = média do percentual de umidade (y)

Variável independente = tempo de estocagem (X1), tempo de secagem (X2)

**Tabela 3 - Principais resultados do modelo de estimação da média do percentual de umidade em relação ao tempo de estocagem e tempo de secagem**

Variáveis	Coefficientes	Erro padrão	Stat t	valor-P	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> ajustado	F de significação	Durbin-Watson stat
Interseção	0.248012	0.031956	7.761.111	0.0000	0.423064	0.406260	0.000000	2.018.410
TES	-0.009093	0.003283	-2.769.968	0.0067				
TE	0.002260	0.000320	7.065.018	0.0000				

Fonte: Elaborada (2012).

O coeficiente de determinação  $R^2$  é utilizado para medir a contribuição que um conjunto de variáveis independentes afeta a variável dependente, ou seja, parcela de y que é explicada por x. No modelo o valor do  $R^2$  é de 0,42 isto significa que 42% das variações do percentual de umidade (Y) são explicadas por Tempo de Estocagem (TES) e o Tempo de Estufa (TE), observou-se que o valor  $R^2$  não é muito significativo no modelo, isto é devido a que as variáveis independentes são discretas, a variável TES assume valores iguais a 1, 2, 3, 4, 5, 10 e 15 anos, enquanto a variável TE assume 30, 60 e 120 minutos. Observa-se também que os valores probabilísticos da distribuição F é significância, ao considerar o nível de significação de 5 %, como pode ser observado na tabela 3.

Desta forma podemos afirmar que existe uma função linear entre a média do percentual de umidade e os valores de tempos em estudo. Para cada variável independente pode-se observar que o valor estatístico apresenta significância o que leva a concluir que ambas variáveis são importantes para o modelo.

Ao considerar a estatística de *Durbin-Watson*, estas indicam que, no modelo não existe problemas de autocorrelação. Desta forma o modelo fica assim definido:

$$\hat{y} = 0,258012 - 0,009093x_1 + 0,002260x_2 \quad (15)$$

Ao fazer as análise de regressão entre a porcentagem de umidade e o tempo de estocagem (TES) e o Tempo de secagem (TS) por separado, encontra-se que a média do percentual de umidade é muito mais influenciada pelo tempo de secagem do que pelo tempo de estocagem.

A partir desses dados foram analisadas as possíveis utilizações dos resíduos de base florestal que serão apresentados na próxima seção.

#### **4.3 Análise dos Possíveis Aproveitamentos dos Resíduos de Base Florestal através de uma análise econométrica no município de Sinop-MT**

A análise realizada neste estudo de correlação e regressão linear múltipla pode observar que a variável dependente média do percentual de umidade é explicada pelas variáveis, tempo de estocagem e tempo de secagem. Visto que a variável tempo de secagem na estufa correlaciona-se mais com a variável dependente, isto mostra que na maioria das vezes a utilização eficiente dos resíduos (serragem) depende de quanto tempo este fica na estufa para ser seco.

Desta forma, o uso dos resíduos depende da origem do seu material, as variáveis mais importantes para determinação do melhor uso podem se relacionado com o teor de umidade, o tamanho da amostra, o nível de contaminação com outros materiais com terra, pregos e pedras entre outros, nível de degradação, densidade da amostra e poder calorífico quando o uso é para fonte de energia. Os resíduos florestais têm um alto teor de umidade em algumas dimensões este necessita de tratamento especial, dependendo do tipo de uso, como para geração de energia que necessita de secagem do pó de serra para ser utilizado. A seguir será demonstrada a potencialidade do uso dos resíduos para geração de energia através do briquete.



#### 4.3.1 Potencial dos resíduos para uso de geração de energia através do briquete

O briquete é um produto fabricado da compactação da serragem e maravalha sem uso de produtos químicos. Este tem um alto poder calorífico, menos percentual umidade em relação aos outros produtos, assim produzido poucas cinzas e fumaça pela sua baixa umidade. Desta forma, é um produto altamente ecológico, pois evita o desmatamento por aproveitar os resíduos, sem criar impactos ao meio ambiente. Pode ser utilizadas para geração de energia nas indústrias, em fornos de pizzarias, padarias, cerâmicas, lareiras, armazém entre outras empresas.

A tabela 4 apresenta uma comparativo entre o briquete, lenha e óleo BPF 1 A. Sendo que o briquete é comercializado por quilo e tonelada; a lenha que é por metros cúbicos (m³); e, o óleo BPF 1 A por tonelada. O briquete é um substituto eficiente e econômico do óleo em caldeiras, a gás ou energia elétrica.

**Tabela 4 - Comparativo entre a lenha, briquete e óleo BPF 1 A**

Lenha		Briquete		Óleo BPF 1 A
14m³	=	2,1t	=	1 tonelada

Fonte: BRINOP (2012).

Na tabela 5 esta exposto uma comparação de diversos tipos de briquetes em relação à lenha, onde pode se observar que a lenha tem um baixo poder calorífico com relação as briquetes e também sua umidade é muito alta de 25% a 45%, já no briquete esta umidade é de apenas 9% a 12%.

**Tabela 5 - Comparativo entre diversos briquetes com a lenha**

	Maravalha e					
	Casca de	Algodão	Maravalha e	pó-de-serra	Maravalha e	
Material	Arroz	(Resíduos)	pó-de-serra	Madeira de	pó-de-serra	Lenha
			<i>Pinus</i>	<i>Lei</i>	<i>Eucalipto</i>	Comercial
Poder Calorífico	3.800	4.300	4.400	4.800	4.500	1.700~2.500
Peso a Granel (m³)	650~700	650~700	700~750	700~860	700~780	350~400
Peso Específico (t)	1,1	1,1	1,17	1,2	1,18	0,6
Umidade (%)	11	12	9	12	11	25~45

Fonte: BRINOP (2012).

Em função disto a lenha gera muita fumaça e produz um volume muito alto de cinzas, ao contrário do briquete. Na questão de armazenagem a briquete

ocupa pouco espaço em comparação com a lenha, pois 90m<sup>3</sup> de lenha ocupa em torno de 25m<sup>3</sup>, o que equivale aproximadamente 15 toneladas de briquetes.

As vantagens da utilização do briquete são diversas com gerar elevado calor de forma rápida; tem maior poder calorífico que a lenha; menor umidade; pouca necessidade de estoque, pois é um produto disponível o ano todo; pode ser vendido por tonelada e não por metro cúbico; sua embalagem facilita o manuseio e a estocagem. Suas desvantagens são a respeito da matéria-prima que necessita de armazenagem em lugar coberto e o elevado valor do frete de entrega.

Portanto, o briquete é muito eficiente para geração de energia, pois não prejudica o meio ambiente e nem sociedade, logo que é um produto ecologicamente viável por realizar o aproveitando resíduos que não tem um tratamento adequado.

#### **4.3.2 Aproveitamento dos resíduos na produção de adubo orgânico e entre outras formas de utilização**

O pó de serra pode ser também utilizado como um insumo de produção na fabricação de adubo orgânico, onde sendo um produto ecologicamente viável por contribuir ao meio ambiente e sociedade. Visto que a utilização de adubo químico prejudica a agricultura rural com o uso de agrotóxicos no seu processo de mecanização, assim ocorrendo redução das grandes lavouras com monocultura e redução do emprego rural. Com isto, aponta a necessidade de uma agricultura sustentável nos contextos econômico, social e ambiental, para melhorar a saúde do agroecossistema, ou seja, a biodiversidade, os ciclos de atividade do solo.

A serragem quando utilizada na produção de adubo orgânico, quanto maior o seu tempo de estocagem melhor, pois ela encontra-se mais úmida, assim contém mais macronutriente onde facilita a mistura dos outros componentes na produção.

A serragem quando passa pelo processo de secagem ela incorpora maior número de micro e macronutrientes, não havendo necessidade da secagem para a fabricação de adubo, pois no processo de produção necessita dele úmido.

**Tabela 6 - Discriminação dos produtos utilizados para a produção de uma batelada de fertilizante orgânico**

Dados	Unidade	Quantidade 1*	Valor Unitário	Valor Total
Capacidade da Batelada	Kg	248kg		46,80
Serragem	24,19%	60kg	0,25	15,00
Cama de Frango	16,13%	40kg	0,09	3,60
Biocatalisador Específico	1,61%	4lt	1,75	7,00
Aditivos Minerais Básicos	16,13%	40kg	0,02	0,80
Fosfato de rocha	32,26%	80kg	0,24	19,20
Água	9,68%	24 lt	0,05	1,20
Total de Fertilizante Orgânico	100%	248		

Fonte: Biomax (2010).

A tabela 6 mostra a discriminação dos produtos utilizados para produção do adubo de acordo com a batelada de fertilizantes orgânicos, a capacidade de produção é de 248 kg que resultando na transformação final do processo de 248 kg de fertilizantes orgânico, nessa quantidade produzida utiliza-se 24,19% de unidade de serragem e 9,68% de água para a mistura e posteriormente e ação microbiológica para a compostagem final do fertilizante.

Com os dados apresentados nota-se que de início tinha-se um total de 248 kg de componentes inseridos no batedor, com um custo total de R\$ 46,80, sendo que dessa forma, o custo unitário em uma tonelada desse fertilizante ficaria em R\$ 190,00 com um custo médio por quilograma de R\$ 0,19, sendo dessa forma acessível para pequenas produções agrícolas.

O pó de serra e maravalha também pode ser aproveitado como camas de aviários, criação de suínos, produção de mudas e na construção civil que transformado em blocos de concreto material de enchimento das pré-lajes, ou seja, pó de serram utilizado como agregado de miúdo e substituição parcial ou integral ao agregado com areia, assim possibilitando a redução da areia para construção de blocos de concreto.

Os maiores são destinados para fabricação de forro, cabos de vassoura, portas, janelas assoalhos, sarrafos, confecção de painéis de madeira, confecção de pequenos objetos e utensílios domésticos, no paisagismo como material inerte de decoração, para a produção de celulose e papel, este resíduos são mais reaproveitados do que a serragem e maravalha.

## 5 CONCLUSÕES

Analizando o resíduo industrial madeireiro do município de Sinop-MT através dos métodos econométricos, verificou-se que através da correlação e da regressão linear a variável percentual de umidade tem uma relação direta com as variáveis tempo de estocagem e tempo de secagem, visto que a variável tempo de secagem correlaciona-se mais com a variável dependente, onde a isto mostra que na maioria das vezes a utilização eficiente dos resíduos (serragem) depende de quanto tempo esta fica na estufa para ser seco.

Pois, os resíduos florestais têm um alto teor de umidade, em algum caso necessita de tratamento especial, dependendo do tipo de uso, como para geração de energia que necessita de secagem do pó de serra para ser utilizado, já quando utilizado para fabricação de adubo orgânico quanto maior o seu tempo de estocagem melhor, pois ela encontra-se mais úmida, assim contém mais macronutriente onde facilita a mistura dos outros componentes na produção.

O resultado da desta pesquisa conclui que o aproveitamento dos resíduos de forma adequada é fundamental, logo que dependerá da qualidade do resíduo e as questões social, econômica e ambiental o uso depende da disponibilidade do material, facilidade de preparação para uso pretendido, à questão ambiental quando o resíduo não utilizado causa grandes impactos ambientais com descarte em céu aberto de grande quantidade de resíduo e contaminação de solos e lençóis freáticos e quando usados tem um minimização dos impactos na região onde são gerados. Nas questões econômicas aumenta o ingresso de uso de insumos de produção onde impulsiona o mercado e agrega valor a matérias prima que antes desvalorizadas. Por fim o aspecto social com uso dos resíduos aumenta o emprego e renda da sociedade.

## REFERÊNCIAS

- BAROSSO FILHO, M. ; BRAGA, M. B. **Metodologia da Econometria**. 1. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000.
- BIOMAX. Empresa. Estrutura produtiva de briquetes. Porto Alegre – RS, Disponível em: <<http://www.biomaxind.com.br>>. Acesso em: 19 de maio de 2012.

BRINOP. **Briquete.** Disponível em: <  
<http://www.brinop.com.br/product.php?lang=pt>>. Acesso em: 2 de agosto de 2012.

FAGUNDES, Hilton A. Vieira. **Produção de Madeira Serrada e Geração de resíduos do Processamento de Madeira de florestas Plantadas no Rio Grande do Sul.** Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br>> acesso em 20 de maio de 2012.

FONSECA, Jairo Simon da. *et al.* **Estatística Aplicada.** 2.ed. São Paulo: Atlas, 1985.

GUJARATI, Domador N. **Econometria Básica.** 3. ed. São Paulo, Makron Books, 2000.

GUJARATI, Domador N; Dawn C. Porter. **Econometria Básica.** 5. ed. São Paulo, McgrawHill, 2011.

HILL, R. Carter. *et al.* **Econometria.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2003.

**IBDF/DPq – LPF.** Madeiras da Amazônia, características e utilização. Estação Experimental de Curuá-Una. Amazoniam Timbers, Characteristics Ana utilization. Experimental Forest station, 1998 vol.2. Instituto brasileiro de Desenvolvimento Florestal.

SARTORIS, Alexandre. **Estatística e Introdução à econometria.** São Paulo: Saraiva, 2003.

TEIXEIRA, Marcelo Geraldo. **Aplicação de conceitos da ecologia industrial para a produção de materiais ecológicos: o exemplo do resíduo de madeira.** Marcelo Geraldo Teixeira. Salvador, 2005.

VASCONCELLOS, Marco A. S. **Manual de Econometria: Nível Intermediário.** São Paulo: Atlas, 2000.