

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANTÔNIO AMÉRICO CARDOSO JUNIOR

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA OBTENÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE PINUS
COM USO DE PROGRAMA OTIMIZADOR DE DESDOBRO**

CURITIBA

2008

ANTÔNIO AMÉRICO CARDOSO JUNIOR

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA NA OBTENÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE PINUS
COM USO DE PROGRAMA OTIMIZADOR DE DESDOBRO

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Engenharia Florestal, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha

CURITIBA

2008

Ficha catalográfica elaborada por Tania de Barros Baggio – CRB 760/PR

Cardoso Junior, Antônio Américo.

Inovação tecnológica na obtenção de madeira serrada de pinus com uso de programa otimizador de desdobro / Antônio Américo.- 2008.

120f. : il.

Orientador: Márcio Pereira da Rocha

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 2008.

Inclui bibliografia

Área de concentração: Tecnologia e utilização de produtos florestais

1. MAXITORA (Programa de computador). 2. Madeira serrada. 3. Serrarias. 4. Teses. I. Rocha, Márcio Pereira da. 1965. II. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

CDD – 674.2

CDU – 674.093

A minha esposa, que soube entender e compreender a minha ausência, dando-me, amor, carinho, suporte e segurança para a realização deste trabalho, e aos meus filhos Lucas, Túlio e Mateus alicerces que nunca permitiram que eu esmorecesse nos momentos difíceis.

DEDICO

Aos meus pais, Antônio Américo Cardoso e Maria Aparecida Cordeiro de Carvalho. Cardoso, pelo carinho e amor que sempre dedicaram, pelo apoio incondicional ao meu crescimento pessoal e profissional e por nunca permitirem que eu passasse por qualquer dificuldade.

OFEREÇO

EPÍGRAFE

“Uma universidade só alcança êxito quando se organiza em equipes, conduzidas por lideranças intelectualmente respeitáveis, onde, sabendo que não são todos iguais, se instale uma convivência responsável entre professores, a fim de tornar possível o estabelecimento de uma teia de expectativas recíprocas que permita a cada professor, segundo sua experiência, realizar o seu papel.”

Ribeiro, Darcy, 1922 - O Brasil como problema – Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1995. P.227

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre ter iluminado e abençoado meu caminho, colocando sempre pessoas dispostas a me ajudar a superar barreiras.

A minha esposa, Andrea Shan, e aos meus filhos, Lucas, Túlio e Mateus, que nunca me deixaram sozinho, que dedicaram amor, carinho e compreensão, permitindo que eu participasse de suas vidas mesmo à distância, sendo a saudade apenas um obstáculo a ser superado o que me deu forças para continuar caminhando em frente me tornando um homem, um pai, um profissional e um ser humano melhor, eu amo vocês.

Aos meus pais, Antônio Américo Cardoso e Maria Aparecida C. de C. Cardoso, pela educação que me deram, permitindo que eu enfrentasse os mais diversos desafios sempre com dedicação, honestidade e respeito, permitindo que eu caminhasse respeitando as hierarquias e cumprindo com meus deveres de cidadão e de pai.

Aos meus irmãos, Andréia e Andrês, que apesar da distância, estiveram sempre juntos a mim, buscando manter a união familiar, o que só me deu forças para seguir em frente.

A minha tia Vânia, que sempre torceu e chorou por mim, e nunca deixou de atender um chamado dos meus pais quando eles precisavam, principalmente pelos cuidados e carinho por toda a minha família. Deixo também meu beijo a Dani, Grazi e Gisa.

Ao Prof. Márcio Pereira da Rocha, ser humano ímpar, que desde o primeiro dia me ajudou a planejar o meu doutorado, com orientações e ensinamentos e que muito contribuiu para o meu crescimento profissional. Que apesar do jeitão rude e grosso, tem um coração maior que ele, obrigado por me receber e me orientar, em acreditar e me incentivar até o último dia, e por compreender a necessidade das minhas viagens para ver minha família. Muito obrigado por ter me ajudado a tornar um ser humano melhor, mais justo e mais competente, deixo aqui meu cordial abraço a sua esposa Cíntia por me receber de braços abertos em sua casa..

Ao Professor Paulo Fernando Trugilho (UFLA) e a sua esposa Neuzi, a quem devo meus eternos agradecimentos, pelos conselhos profissionais e pessoais, pelos conhecimentos que sempre me passou, pela torcida e pelas vibrações com as minhas conquistas. Obrigado Prof. pela presença na minha defesa e participando

mais uma vez de mais uma importante etapa da minha vida, deixo um abraço ao Lair.

Ao Prof. Márcio Augusto Rabelo Nahuz, pela presença na banca de defesa e pelas valiosas considerações, sugestões.

A Profa. Gislaine pela participação na banca de defesa e pelas importantes considerações e sugestões para a formatação final deste trabalho.

Aos Profs. Julio Arce, Celso Carnieri e Arinei Lindbeck, responsáveis pela consultoria na programação do MaxiTora[®] e meus co-orientadores. A ajuda de vocês foi um fator determinante para a redação e elaboração deste trabalho.

Ao Prof. Jorge Luiz Monteiro de Matos, que me acolheu no laboratório, fazendo com que eu construísse novas amizades e adquirisse novos conhecimentos. Obrigado pelas oportunidades, pelos chiquinhos no futebol, chamadas de atenção, xingamentos e pelas oportunidades de qualificação, que me ofereceu e pelas amizades que me ajudou a construir.

Ao amigo Marcos Aurélio Matias de Souza (Cubatão, faaaaaaala CÚ), por ter me recebido em sua casa, com um monte de caixas e mochilas, fazendo com que eu me interagisse com os demais professores e funcionários. Obrigado Cú, por ter dado referências minhas aos professores, o que me abriu portas de amizade e conhecimento, fazendo com que a distância da minha família não parecesse tão dolorosa.

À Battistella Indústria e Comércio Ltda, na pessoa do Engenheiro Edmilson Fernandez, que abriu as portas e permitiu a coleta de dados para a elaboração deste trabalho, além de toda a logística e do apoio financeiro.

Ao Professor José Tarcísio Lima constante pela presença na minha vida profissional e pessoal, incluindo minha aula no concurso em Sergipe, lembra? E pela constante torcida o meu muito obrigado professor.

Aos meus padrinhos, Sérgio Saraiva e Maria Amélia, pelo carinho, torcida e pelo apoio e amizade que sempre tiveram por mim desde o meu batismo.

Ao Professor Setsuo Iwakiri, pelos ensinamentos, publicações e amizade, que muito ajudaram nas minhas conquistas profissionais.

Ao Professor Sidon Keinert Jr, pelos ensinamentos e pela oportunidade de trabalhar junto ao LTM-UFPR, em ensaios de qualidade de painéis para exportação.

A Profa. Graciela Inês Bonzon Muniz, coordenadora da Pós-Graduação em Engenharia Florestal da UFPR, valeu "Graciélita", por sempre confiar em mim e me

ajudar nos trâmites da pós, pelo grande carinho e pela amizade que demonstrou ter por mim, pela torcida e por vibrar com as minhas conquistas, e por me xingar sempre que me encontrava.

Ao Prof. Sebastião do Amaral Machado, um grande profissional, ético e honesto, o qual tive a oportunidade de conhecer e conviver desde minha graduação em Lavras, que me recebeu com muito carinho e confiou em ser meu fiador quando cheguei em Curitiba, obrigado professor, não só pelo apoio, mas principalmente pela amizade que o senhor sempre teve por mim.

Aos Profs. Romano Timoceivkz Junior (Romanowski) e Ricardo Jorge Klitzke (Bigode) grandes amigos e incentivadores que nunca pouparam conselhos e sugestões nos momentos difíceis, meu muito obrigado pelos agradáveis cafezinhos na Ed. Física e pelas boas risadas.

Ao Adalberto Caldas de Oliveira (O CLONE), um grande amigo nas horas boas e ruins, valeu pela eterna amizade, pelo carinho e pela torcida.

A Daniel Chies (Gaúcho Lamparina), grande amigo, obrigado pela ajuda e apoio, não só profissional, mas policial, acho que você se lembra, valeu pelo acompanhamento até o DEDETRAN, e por ter ajudado a empurrar o carro da polícia pra pegar no tranco, o que não aconteceu. Obrigado pelo apoio no LTM, pelo conhecimento e ensinamentos passados, pelas birrinhas no futebol quando o seu time perdia ou quando não conseguia marcar gol em mim.

A José Guilherme Prata (Pratinha), pela amizade, torcida, companheirismo, até na hora de lesionar o Gilnei eternamente, desculpe pelo galo na cabeça, lembra, que o Daniel acordou com você rezando, e valeu por tudo cara, assim como o Gaúcho, pode contar comigo para qualquer coisa que precisar estou sempre pronto para atender a um chamado de vocês.

A Reinaldo (Meu Rei), poxa cara, fica difícil expressar em palavras todo o meu agradecimento por tudo que você fez por mim, e sei também que faz por todos que precisam de você, muito obrigado, mas muito obrigado mesmo, principalmente nos momentos de diálogo com a pós-graduação, me ensinando a melhor forma de resolver os problemas, sempre em tom de entendimento, e que me permitiu chegar a conquistar esse doutorado

Ao Wilson, por ter me ajudado na coleta de dados e pelo companheirismos e amizade, sempre atento, tranqüilo e com sugestões que com tribuíram muito para este trabalho.

A Davi, obrigado por me ajudar sempre que precisei.

A Vítor e ao Antônio, pela ajuda e favores na marcenaria, pelas boas risadas e pela amizade.

A Daniel Queiroz (QUEQUÉ, peludinho doido), valeu pela amizade e pelas boas risadas que demos juntos, fique sabendo que foi muito bom ter tido essa convivência, transmita meus agradecimentos aos seus pais pela torcida.

A Geraldo Alves de Souza Filho (Ser Humano/Ser Incompreendido), valeu pelo apoio e pelas viagens para Curitiba, pela convivência e pelas boas risadas, um grande abraço e muito obrigado.

Aos eternos amigos e irmãos, Ricardo Aurélio Silva Carelli, Sérgio Rezende Galvão, Luis Antônio Barros da Silva, e aos seus pais, Mama Célia e “Seu” Carelli, Tia Terezinha e Tio Galvão, D. Nilza e “Seu” Luis, não só pelo grande carinho que sempre mostraram ter por mim, mas principalmente por fazerem parte desta longa e cansativa caminhada, porém valiosa e cujos ensinamentos, conversas, cervejas, e jogos de vôlei de ressaca em Guarapari me ajudaram a ter uma infância e uma juventude que poucos puderam ter.

A Maurício Ariel Rostagno (Magrelo) e sua esposa Tânia Foster pela amizade e convivência, a eles deixo aqui meus sinceros abraços e minha eterna torcida.

A família Mendes, em especial a José Cláudio, D. Kita e “Seu” Pedro e ao Pedro Carlos Mendes (Pedrinho-Pudim), um grande amigo de infância.

A Emmanuel Carlos Henrique Rosa Mellado, pelas aulas de espanhol, pela amizade e pelos bicudos no futebol, valeu pela amizade e pelas conversas que muito contribuíram na minha vida pessoal e profissional.

A Clair Rogério da Cruz, pela amizade e pelo companheirismo, valeu pela força e pelo apoio.

A José Fábio Camolesi (Zigoto) e a sua esposa Regina, grandes amigos que sempre estiveram por perto quando precisei.

A Silvana Rosso (SIL) e a Érica, grandes e competentes profissionais, amigas que conquistei em Curitiba e sempre estiveram prontas a ajudar, valeu pela confiança, pela amizade e pelas ajudas. Brigadão, e contem comigo pro que precisarem sempre.

A Gilnei Rosa Machado valeu pela grande amizade e pelas ajudas no LTM, valeu por não ter ficado com raiva de mim por tê-lo lesionado no futebol, e muito obrigado pelo constante apoio e pela fiel e sincera torcida.

A Alan, Alan Sulato, André Keinert, André Machado, Samuel, Rô e Sílvia, do LTM valeu pela ajuda e pela amizade.

A Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior (FIMES) pela minha primeira oportunidade de trabalho em especial ao Prof. Álvaro de Souza pela amizade e aos Profs. Dalanesi, Cabacinha, Cynthia, Brasil, Enaldo, Gilvan, Ita, Hirundina,

Aos meus cunhados, Bezê e Gordo e a Minha Sogra D. Neide, obrigado pela amizade, torcida e rezas.

A minha amiga e irmã Sandra Alberta e a sua família, um grande beijo a todos.

Ao Prof. Antônio Donizete de Oliveira.

Ao Prof. Fábio Akira Mori.

Ao Prof. e amigo Fausto Weimar Acerbi Junior (Faustinho), valeu pelos conselhos e pela grande amizade.

A amiga do coração Franciane Andrade de Pádua, D. CIDA e família pela torcida.

Aos incontáveis amigos do futebol – barracão da bola.

Ao Prof. José Reinaldo Moreira da Silva pela amizade, torcida e constante apoio. Prof. que sempre ensinou os cuidados e atenção na vida profissional.

Ao Prof. José Roberto Soares Scolforo, competente profissional que não só muito me ajudou, mas a minha família em momentos importantes.

Ao Prof. Lourival Marin Mendes pela amizade e constante apoio e por sempre torcer pelo meu sucesso.

Ao amigo Lucas Rezende Gomide (Horácio), por me receber em sua casa e pelos valiosos conselhos e discussões e pelas boas risadas, foram momentos importantes na consolidação deste trabalho.

Ao Prof. Luiz Marcelo de Carvalho (Passarinho) e a sua família, deixo aqui meu abraço e meus agradecimentos.

Ao Prof. incentivador e torcedor Sebastião Carlos da Silva Rosado, meus eternos agradecimentos por tudo, você foi mais que um professor e um amigo.

A todos os professores da UFLA, em especial aos Profs. do Departamento de Ciências Florestais, que de forma direta ou indireta contribuíram para o meu sucesso profissional.

Ao Departamento de Engenharia Agronômica pela unanimidade na minha liberação durante o Estágio Probatório em especial aos Profs. Genésio Tâmara Ribeiro, Emmanuel Franco Filho, João Basílio Mesquita, Anabel Aparecida de Mello, Alessandra Reis, Mário Jorge Campos Santos, Robério Anastácio Ferreira, Laura Jane Gomes, Veronaldo Souza, Arie Fitzgerald Blanck, Renata Silva Mann, Alfredo Acosta, Francisco Sandro Holanda, Marcos Cabral, Pedro Viégas, Fátima Blanck, Givaldo Hipólito, Antenor Netto, Arisvaldo, Letuzia, Gláucia Barreto, Alceu Pedroti, Junia Marise, Márcia Roni, e meus agradecimentos ao então Núcleo de Engenharia Florestal pela prorrogação na minha liberação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal da Universidade Federal do Paraná, obrigado pela oportunidade de realização deste trabalho e pelo total apoio que me foi dado.

Deixo meus agradecimentos aos que por descuido esqueci, a todos os meus familiares, tios e primos e a todos os meus amigos do Orkut, seus recados foram importantes momentos de descontração e risadas.

Ao Centro de Ciências Florestais e da Madeira.

A CAPES-PROCAD pela bolsa.

Ao CNPq pela bolsa.

BIOGRAFIA

Antônio Américo Cardoso Júnior, nascido aos vinte e cinco dias do mês de janeiro de 1971, na cidade de Viçosa-MG, filho de Antônio Américo Cardoso e Maria Aparecida Cordeiro de Carvalho Cardoso.

Concluiu o 1º grau na Escola Estadual Coronel Antônio da Silva Bernardes; 2º grau no DESU, em Ubá e em Belo Horizonte-MG.

Graduou-se em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), em 2001. Em fevereiro de 2002 iniciou o curso de mestrado em Engenharia Florestal com área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira pela UFLA, concluído em fevereiro de 2004.

Em março de 2004 iniciou o curso de doutorado em Engenharia Florestal, na Universidade Federal do Paraná (UFPR), com área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira, concluído em 2008.

Ingressou em março de 2005, como professor substituto na Fundação Integrada Municipal de Ensino Superior (FIMES), em Mineiros/GO por um período de 1 ano.

Em 12 de julho de 2006, foi empossado como professor assistente na Universidade Federal de Sergipe.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - CONSUMO DE MADEIRA EM FUNÇÃO DO PRODUTO FINAL.....	6
FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO ANUAL DE MADEIRA EM TORA PARA USO INDUSTRIAL NO BRASIL – FLORESTAS PLANTADAS (1990-2005)	6
FIGURA 3 - CONSUMO DE MADEIRA EM TORA PELAS EMPRESAS ASSOCIADAS DA ABRAF (2003-2005).....	7
FIGURA 4 - PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE PINUS FONTE	8
FIGURA 5 - CONSUMO DE MADEIRA SERRADA DE <i>PINUS SP</i>	8
FIGURA 6 - EXEMPLO DE FUSTE SEM CONICIDADE (A) E COM CONICIDADE (B)	11
FIGURA 7 - EXEMPLO DE ENCURVAMENTO COMPLEXO (A) E ENCURVAMENTO SIMPLES (B).....	12
FIGURA 8 - TELA DO SAATECH CALCULATOR MOSTRANDO O PERFIL DA TORA E O MODELO DE CORTE PROPOSTO EM FUNÇÃO DE DIVERSAS OPÇÕES E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE UMA SERRARIA.....	21
FIGURA 9 - TELA DO MAXITORA® PARA CADASTRO DOS PRODUTOS DE PADRÃO, DAS DIMENSÕES DOS PRODUTOS, DO SISTEMA DE DESDOBRO E DO APROVEITAMENTO DAS COSTANEIRAS.....	23
FIGURA 10 - TELA PARA PROCEDER AO CADASTRO DE PRODUTOS, DAS DIMENSÕES E DA ESCOLHA DO SISTEMA DE DESDOBRO COM O APROVEITAMENTO DAS COSTANEIRAS.....	24
FIGURA 11 - TELA DE SAÍDA DA TELA DE CADASTRO DE PRODUTOS PARA A TELA DE OTIMIZAÇÃO DE DESDOBRO COM O MODELO PROPOSTO, O DIÂMETRO MÉDIO DA CLASSE, COM O MÉTODO DO SEMIBLOCO ESCOLHIDO, COM A OTIMIZAÇÃO DAS COSTANEIRAS VERTICAL E HORIZONTAL E O RENDIMENTO OBTIDO COM O NÚMERO DE PEÇAS POSSÍVEIS DE SEREM RETIRADAS.....	25
FIGURA 12 - LAYOUT DAS LINHAS 1 E 2 SENDO (1) ALIMENTADOR DE TORAS DA LINHA 1; (2) SERRA FITA DUPLA DA LINHA 1; (3) SERRA CIRCULAR MÚLTIPLA DA LINHA 1; (4) GRADEAÇÃO DA LINHA 1; (5) ALIMENTADOR DE TORAS DA LINHA 2; (6) SERRA FITA DUPLA DA LINHA 2; (7) SERRA CIRCULAR MÚLTIPLA DE DUPLO EIXO DA LINHA 2; (8) GRADEAÇÃO DA LINHA 2; (9) ESTEIRA TRANSPORTADORA DE COSTANEIRAS; (10) SERRA FITA HORIZONTAL SIMPLES PARA COSTANEIRAS; (11) SERRA CIRCULAR SIMPLES REFILEIRA; (12) GRADEAÇÃO DO APROVEITAMENTO 1; (13) SERRA CIRCULAR REFILEIRA DUPLA; (14) SERRA FITA HORIZONTAL MÚLTIPLA; (15) ESTEIRA TRANSPORTADORA DO APROVEITAMENTO 2; (16) GRADEAÇÃO DO APROVEITAMENTO 2.....	28

FIGURA 13 - MODELO DE DESDOBRO USADO NAS LINHAS 1 E 2	29
FIGURA 14 - MODELOS DE CORTE PROPOSTOS PELO MAXITORA® PARA AS CLASSES DE DIÂMETRO 1 (11,51-15,50 CM) E 2 (15,51-19,50 CM) DA LINHA 1 E SEUS RENDIMENTOS ESTIMADOS	30
FIGURA 15 - MODELOS DE CORTE PROPOSTOS PELO MAXITORA® PARA A CLASSE DE DIÂMETRO 1 (19,51-23,50 CM) DA LINHA 2 E SEUS RENDIMENTOS ESTIMADOS	32
FIGURA 16 - MODELO DE CORTE PROPOSTO PELO MAXITORA® PARA AS TORAS COM DIÂMETROS DE 246 MM A 264 MM, DIÂMETRO MÁXIMO DA PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2 E SEU RENDIMENTO ESTIMADO.....	34
FIGURA 17- MODELOS DE CORTE PROPOSTOS PELO MAXITORA® PARA A CLASSE DE DIÂMETRO 2 (23,51-28,50 CM) DA LINHA 2 E SEUS RENDIMENTOS ESTIMADOS	35
FIGURA 18 - MODELO DE CORTE 6 PROPOSTO PELO MAXITORA® PARA AS TORAS COM DIÂMETROS DE 268 MM A 279 MM, COM AS MESMAS CARACTERÍSTICAS DO MODELO DE CORTE 5, E MODELO DE CORTE 7 COM DIÂMETROS ACIMA DE 280 MM PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2 E SEUS RENDIMENTOS ESTIMADOS	37
FIGURA 19 - TORAS COM OS TOPOS PINTADOS (A) E AS PEÇAS SERRADAS (B)	38
FIGURA 20 - CORTE PARCIAL FEITO NA PEÇA (A) PARA A MEDIÇÃO DA ESPESSURA DE CORTE (B).....	39
FIGURA 21 - MODELO 2 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 123 MM E 148 MM, COM OS RENDIMENTOS MAXIMO (2A) E MÍNIMO (2B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 1.....	45
FIGURA 22 - MODELOS EXECUTADOS NA SERRARIA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS.....	47
FIGURA 23 - MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 149 MM E 156 MM, COM OS RENDIMENTOS MAXIMO (3A) E MÍNIMO (3B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 1.....	48
FIGURA 24 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS.	49
FIGURA 25 - MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS DE 157 MM E 167 MM, COM OS RENDIMENTOS MAXIMO (4A) E MÍNIMO (4B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 1.....	50

FIGURA 26 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS	52
FIGURA 27 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 6 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS.	55
FIGURA 28 - MODELO 7 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 193 MM E 201 MM, COM OS RENDIMENTOS MAXIMO (3A) E MÍNIMO (3B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 1.....	57
FIGURA 29 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 7 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS	58
FIGURA 30 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 7 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS	59
FIGURA 31 - MODELO 2 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS DE 204 MM A 208 MM, COM OS RENDIMENTOS MAXIMO (2A) E MÍNIMO (2B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	60
FIGURA 32 - TORA DESDOBRADA DE ACORDO COM O MODELO 2 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEU RENDIMENTO	61
FIGURA 33 - MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 209 MM E 223 MM, COM OS RENDIMENTOS MAXIMO (3A) E MÍNIMO (3B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	62
FIGURA 34 - TORAS DESDOBRADA DE ACORDO COM O MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS.....	64
FIGURA 35 - MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 224 MM E 226 MM, COM OS RENDIMENTOS MAXIMO (4A) E MÍNIMO (4B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	65
FIGURA 36 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS.....	67
FIGURA 37 - MODELO 5 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS DE 227 MM A 238 MM, COM OS RENDIMENTOS MAXIMO (5A) E MÍNIMO (5B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	68

FIGURA 38 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 5 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS.....	70
FIGURA 39 - DIÂMETRO UTILIZADO PARA O MODELO 7 PROPOSTO PELO PROGRAMA, COM O RENDIMENTO ESTIMADO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	71
FIGURA 40 - TORA DESDOBRADA DE ACORDO COM O MODELO 7 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS.....	72
FIGURA 41 - MODELO 8 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 241 MM E 245 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (8A) E MÍNIMO (8B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	73
FIGURA 42 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 8 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS.....	74
FIGURA 43 - MODELO 9 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS DE 246 MM A 261 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (9A) E MÍNIMO (9B) RESPEITANDO O LAYOUT DA INDÚSTRIA PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	76
FIGURA 44 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 12 PROPOSTO COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS.....	79
FIGURA 45 - TORA DESDOBRADA DE ACORDO COM O NOVO MODELO 9 PROPOSTO COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEU RENDIMENTO	80
FIGURA 46 - MODELO 2 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS DE 240 MM A 254 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (2A) E MÍNIMO (2B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	81
FIGURA 47 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 2 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS.....	82
FIGURA 48 - MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 255 MM E 262 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (3A) E MÍNIMO (3B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	83
FIGURA 49 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS.....	85

FIGURA 50 - DIÂMETROS UTILIZADOS PARA O MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (4A) E MÍNIMO (4B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2	86
FIGURA 51 - TORA DESDOBRADA DE ACORDO COM O MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEU RENDIMENTO	87
FIGURA 52 - MODELO 5 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 266 MM E 279 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (5A) E MÍNIMO (5B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	88
FIGURA 53 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 5 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEU RENDIMENTO	89
FIGURA 54 - MODELO 5 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 280 MM E 308 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (6A) E MÍNIMO (6B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	91
FIGURA 55 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 6 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEU RENDIMENTO	92
FIGURA 56 - DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DOS DADOS DE RENDIMENTOS DAS LINHAS DE DESDOBRO ESTUDADAS	94
FIGURA 57 - EQUAÇÃO DE REGRESSÃO AJUSTADA PARA A LINHA 1 SENDO: R. EST = RENDIMENTO ESTIMADO (%); R. SIM = RENDIMENTO SIMULADO (%); V. MS = VOLUME DE MADEIRA SERRADA (M ³); V. TORA = VOLUME DA TORA (M ³).....	97
FIGURA 58 - EQUAÇÃO DE REGRESSÃO AJUSTADA PARA A LINHA 2 SENDO: R. EST = RENDIMENTO ESTIMADO (%); CONIC. = CINICIDADE DA TORA (%); D. MAX = DIÂMETRO DA PONTA GROSSA (CM); D. MIN = DIÂMETRO DA PONTA FINA (CM); R. SIM – RENDIMENTO SIMULADO PELO MAXITORA®; V. MS = VOLUME DE MADEIRA SERRADA (M ³); V. TORA = VOLUME DA TORA (M ³)....	101
FIGURA 59 - EQUAÇÃO DE REGRESSÃO AJUSTADA PARA A LINHA 2 SENDO: R. EST = RENDIMENTO ESTIMADO (%); CONIC. = CINICIDADE DA TORA D. MIN = DIÂMETRO DA PONTA FINA (CM); R. SIM – RENDIMENTO SIMULADO PELO MAXITORA®; V. MS = VOLUME DE MADEIRA SERRADA (M ³); V. TORA = VOLUME DA TORA (M ³).....	103
FIGURA 60 - NOVA CLASSIFICAÇÃO DE DIÂMETROS PARA A LINHA 1 COM OS NOVOS MODELOS PROPOSTOS PELO PROGRAMA PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO (126 MM A 155 MM) E OS RESPECTIVOS RENDIMENTOS.....	106

FIGURA 61 - NOVA CLASSIFICAÇÃO DE DIÂMETROS PARA A LINHA 1 COM OS NOVOS MODELOS PROPOSTOS PELO PROGRAMA PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO (156 MM A 185 MM) E OS RESPECTIVOS RENDIMENTOS.....	107
FIGURA 62 - NOVA CLASSIFICAÇÃO DE DIÂMETROS PARA A LINHA 1 COM OS NOVOS MODELOS PROPOSTOS PELO PROGRAMA PARA A TERCEIRA CLASSE DE DIÂMETRO E OS RESPECTIVOS RENDIMENTOS.....	108
FIGURA 63 - NOVA CLASSIFICAÇÃO DE DIÂMETROS PARA A LINHA 2 COM OS NOVOS MODELOS PROPOSTOS PELO PROGRAMA PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO E OS RESPECTIVOS RENDIMENTOS.....	109
FIGURA 64 - NOVA CLASSIFICAÇÃO DE DIÂMETROS PARA A LINHA 2 COM OS NOVOS MODELOS PROPOSTOS PELO PROGRAMA PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO E OS RESPECTIVOS RENDIMENTOS.....	111

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - ÁREA PLANTADA DE PINUS NOS PRINCIPAIS ESTADOS PRODUTORES COM SUAS RESPECTIVAS PORCENTAGENS DE PARTICIPAÇÃO DOS ESTADOS DA REGIÃO SUL E DOS DEMAIS ESTADOS BRASILEIROS	5
TABELA 2 - FREQUÊNCIA DE TORAS DESDOBRADAS EM CADA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 1	27
TABELA 3 - VALORES DAS ESPESSURAS DE SERRA (ES), ESPESSURA DE CORTE NOMINAL DOS DENTES DA SERRA APÓS A AFIAÇÃO (ECNS), A ESPESSURA REAL DE CORTE DA SERRA OBTIDO NA MADEIRA SERRADA (ECRS) PARA A LINHA 1 E AS DIMENSÕES PADRÃO PARA A LINHA PRINCIPAL E PARA AS LINHAS DE APROVEITAMENTO	27
TABELA 4 - FREQUÊNCIA DE TORAS DESDOBRADAS POR CLASSE DE DIÂMETRO NA LINHA 2.....	31
TABELA 5 - VALORES DAS ESPESSURAS DE SERRA (ES), ESPESSURA DE CORTE NOMINAL DOS DENTES DA SERRA APÓS A AFIAÇÃO (ECNS), A ESPESSURA REAL DE CORTE DA SERRA OBTIDO NA MADEIRA SERRADA (ECRS) E AS DIMENSÕES PADRÃO PARA A LINHA PRINCIPAL E PARA AS LINHAS DE APROVEITAMENTO NAS CLASSES DE DIÂMETRO I E II DA LINHA 2	31
TABELA 6 - VALORES DOS DIÂMETROS, DA CONICIDADE E DO ABAULAMENTO DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 2 PROPOSTO PARA A LINHA 1.....	46
TABELA 7 - VALORES DOS DIÂMETROS, DA CONICIDADE E DO ABAULAMENTO DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 3 PROPOSTO PARA A LINHA 1.....	48
TABELA 8 - VALORES DOS DIÂMETROS, DA CONICIDADE E DO ABAULAMENTO DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 4 PROPOSTO PARA A LINHA 1.....	51
TABELA 9 - VALORES DOS DIÂMETROS, DA CONICIDADE E DO ABAULAMENTO DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 6 PROPOSTO PARA A LINHA.....	53
TABELA 10 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 7 PROPOSTO PARA A LINHA	57
TABELA 11 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 3 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	62

TABELA 12 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 4 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	65
TABELA 13 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM E DOS DIÂMETROS DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 5 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	69
TABELA 14 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM E DOS DIÂMETROS DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 7 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	71
TABELA 15 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 8 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	73
TABELA 16 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 8 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	77
TABELA 17 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 2 PROPOSTO PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	82
TABELA 18 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 3 PROPOSTO PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	84
TABELA 19 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 5 PROPOSTO PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	88
TABELA 20 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 6 PROPOSTO PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2.....	91
TABELA 21 - TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIA DE BARTLETT PARA VERIFICAR SE HÁ DIFERENÇA ENTRE AS VARIÂNCIAS NAS DUAS LINHAS DE DESDOBRADO ESTUDADAS A 95% DE PROBABILIDADE.....	94
TABELA 22 - VOLUME DAS TORAS E DA MADEIRA SERRADA POR TORA COM SEUS RENDIMENTOS CALCULADOS E ÁREA DA CIRCUNFERÊNCIA DA TORA COM A ÁREA DAS PEÇAS E O RENDIMENTO ESTIMADO CALCULADO PELO PROGRAMA	95
TABELA 23 - VALORES DE ESPESSURA, LARGURA, CONICIDADE, COMPRIMENTO DAS PEÇAS SERRADAS, COMPRIMENTOS DAS TORAS MEDIDAS NA SERRARIA E VALORES DA ESPESSURA E DA LARGURA CADASTRADAS NO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO PARA AS CLASSES DE DIÂMETRO 1 E 2 DA LINHA 1.....	96

TABELA 24 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO MODELO AJUSTADO PARA AS TORAS DESDOBRADAS DENTRO NA LINHA 1	97
TABELA 25 - VOLUME DAS TORAS E DA MADEIRA SERRADA POR TORA COM SEUS RENDIMENTOS CALCULADOS E ÁREA DA CIRCUNFERÊNCIA DA TORA COM A ÁREA DAS PEÇAS E O RENDIMENTO ESTIMADO CALCULADO PELO PROGRAMA PARA AS CLASSES DE DIÂMETRO 1 E 2 DA LINHA 2	98
TABELA 26 - ESPESSURA, LARGURA, CONICIDADE, COMPRIMENTO DAS PEÇAS SERRADAS E COMPRIMENTOS DAS TORAS MEDIDAS NA SERRARIA E VALORES DA ESPESSURA E DA LARGURA CADASTRADAS NO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO	99
TABELA 27 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO MODELO AJUSTADO PARA AS TORAS DESDOBRADAS DENTRO NA LINHA 2.....	100
TABELA 28 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA COMPARANDO OS RENDIMENTOS DAS LINHAS 1 E 2	101
TABELA 29 - TABELA DE TESTE DE MÉDIA COMPARANDO OS RENDIMENTOS DAS LINHAS 1 E 2.....	102
TABELA 30 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO MODELO AJUSTADO PARA AS TORAS DESDOBRADAS DENTRO DAS LINHAS ESTUDADAS	102

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo geral.....	3
2.1.1 Objetivos específicos	3
3 REVISÃO DE LITERATURA	3
3.1 Produção de tora e madeira serrada de pinus no Brasil.....	3
3.2 Características do processamento da madeira de pinus	9
3.3 Fatores tecnológicos que afetam o processamento mecânico da madeira	12
3.4. Utilização de programas de desdobro.....	16
3.4.1 Simuladores de modelos de corte.....	20
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	22
4.1 Caracterização do Otimizador de toras MaxiTora®	22
4.2 Descrição do Local de Experimento.....	26
4.2.1 “layouts” das linhas estudadas.....	26
4.2.1.1 “layout” referente a linha 1	26
4.2.1.2 Layout da linha 2.....	31
4.3 Coleta de dados.....	37
4.4 Cálculos para a obtenção das variáveis volume, rendimento, fator de forma e conicidade	39
4.4.1 Cálculos dos volumes da tora e de madeira serrada.....	39
4.4.2 Cálculo do rendimento de madeira serrada.....	40
4.4.3 Cálculo do rendimento do MaxiTora®	40
4.4.4 Cálculo do fator de forma.....	41
4.4.5 Cálculo da conicidade da tora	42
4.4.6 Cálculo do abaulamento da tora	42
4.5 Simulação no MaxiTora®	43
4.6 Análise Estatística.....	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
5.1 Desdobro das classes de diâmetros 1 e 2 na linha de desdobro 1.....	44
5.2 Desdobro das classes de diâmetros 1 e 2 na linha de desdobro 2.....	60
5.2.1 Comparativo entre os modelos propostos e os modelos executados para a classe de diâmetro 1 (19,51 a 23,50 cm) da linha 2.....	60
5.2.2 Comparativo entre os Modelos Propostos e os modelos executados para a classe de diâmetro 2 (23,51 a 28,50 cm) da linha 2.....	80
5.3 Comparativo entre os rendimentos estimados pelo programa e os rendimentos calculados na serraria para as classes de diâmetro das linhas estudadas.....	93
5.3.1 Distribuição de Probabilidades.....	93

5.3.2 Teste de significância de Bartlett	94
5.3.3 Comparativo entre os rendimentos estimados pelo programa e os rendimentos obtidos na serraria para as classes de diâmetro 1 e 2 da linha 2	94
5.3.4 Comparativo entre os rendimentos estimados pelo programa e os rendimentos obtidos na serraria para as classes de diâmetro 1 e 2 da linha 2	97
5.3.5 Comparativo das médias de rendimento e ajuste de equação de regressão considerando as toras das linhas 1 e 2.....	101
6 CONCLUSÕES	104
7 RECOMENDAÇÕES.....	105
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112

RESUMO

Os objetivos do presente trabalho foram comparar os modelos de corte propostos pelo programa MaxiTora[®] com os modelos de corte executados na serraria; verificar os valores de rendimento dados pelo programa em comparação com o rendimento real; estabelecer correções nos valores de rendimento do programa por meio de ajustes de equações e propor recomendações para resultar em melhorias na indústria e ao programa. Este trabalho foi realizado na serraria da Empresa Battistella Indústria e Comércio Ltda. (Rio Negrinho-SC), localizada a uma Latitude 26° 39' 35" Sul e Longitude de 49° 37' 55" Oeste com uma altitude média de 968 m. Foram selecionadas 71 toras de pinus com diâmetros que variaram de 12,00 cm a 28,39 cm distribuídas em duas classes de diâmetros para cada uma das duas linhas de desdobro principal estudadas com comprimentos que variaram de 2,10 a 2,22 m. Para a linha 1 foram propostos sete modelos de corte e para a linha 2 foram propostos onze modelos de corte para as duas classes. O "layout" foi composto de uma serra fita dupla e uma serra circular múltipla de um eixo para a linha 1 e uma serra circular múltipla de duplo eixo para a linha 2. As linhas de aproveitamento foram as mesmas para as duas linhas principais, composta de uma serra fita horizontal para a primeira linha de aproveitamento e de uma serra fita múltipla horizontal na segunda linha de aproveitamento. Foram medidas as espessuras de corte das serras que compunham o "layout" e medidas as dimensões das toras e da madeira serrada para cálculo dos volumes e rendimentos. Foram calculados os defeitos de conicidade e de abaulamento das toras desdobradas. Concluiu-se que os modelos de corte propostos pelo programa MaxiTora[®] apresentou os melhores resultados de rendimento e de qualidade da madeira serrada quando comparado com os modelos executados na indústria. Verificou-se também que apesar do programa ser adequado aos "layouts" estudados, a serraria não realizou os modelos propostos pelo programa, sendo a amplitude de classe diamétrica, com cinco centímetros, a falta de treinamento adequado ao operador de serras, o prévio estudo dos modelos passíveis de serem realizados na indústria associado a falta de um orientador de toras e a não adequação da indústria ao programa os principais fatores que contribuíram para a não reprodução dos modelos propostos pelo programa.

Palavras Chave: MaxiTora[®], Modelos de Corte, Serraria.

ABSTRACT

The objectives of this study was to compare the cutting models proposed by the program MaxiTora® with cutting models made in the sawmill, check the values of yield given by the program in comparison with the real income and to describe corrections on the values of performance of the program through adjustments on the equations and propose recommendations that result in improvements in the industry and the program. This work was carried out at the company Battistella Ltda. sawmill (Rio Negrinho-SC), located at a Latitude 26 ° 39 '35"South and Longitude 49 ° 37' 55"West with an average elevation of 968 m. We selected 71 pine logs with diameters ranging from 12.00 cm to 28.39 cm divided into two diameter classes for each of the two main saw lines studied with lengths ranging from 2.10 to 2.22 m. For the line 1 seven cutting models have been proposed and for the line 2 eleven cutting models to the two classes. The layout was composed of a double band saw and a circular saw multiple axis to the line 1 and a circular saw multiple dual-axis to the line 2. The lines of recovery were the same for the two main lines, composed of a horizontal band saw for the first line and a multiple horizontal band saw in the second line. The thickness of the cutting saws that made up the layout, the size of logs and lumber for calculation of volumes and revenues were measured. Taper defects and camber of saw log were also calculated. It was concluded that the cutting models proposed by the program MaxiTora® showed the best yield and quality of lumber compared to the models run in the industry. It was also noticed that although the program is appropriate for the studied layouts, the sawmill did not perform the models proposed by the program, with five centimeters of diametric class amplitude, the lack of adequate training of the saws operator, the previous study of the models that can be performed in the industry associated with the lack of a leader of logs and the unsuitability of the industry to the program were the main factors that contributed to the non-breeding of the models proposed by the program.

Keywords: MaxiTora®, cutting models, sawmill

1 INTRODUÇÃO

A busca por madeira serrada de melhor qualidade associada a um maior rendimento e eficiência é uma constante nas serrarias, sejam elas de madeiras nativas ou madeiras de florestas plantadas. No caso das serrarias de madeira oriunda de florestas plantadas, devido às dimensões das toras utilizadas, essa qualidade encontra-se comprometida, uma vez que o desdobro de toras de pequenos diâmetros tem sido uma prática cada vez mais adotada pelas mesmas.

O uso de toras com pequenos diâmetros gera um baixo rendimento e compromete a qualidade da madeira serrada, não só pelas características que as árvores jovens apresentam, mas também em relação ao baixo nível de automação da maioria das serrarias e a pressão que o mercado faz na busca de madeira promovendo o corte cada vez mais precoce da floresta.

Diversas técnicas vêm sendo adotadas nas serrarias para melhorar a qualidade da madeira, o seu rendimento e a sua eficiência como melhoria da matéria-prima como diâmetros maiores, baixas porcentagens de encurvamentos, achatamentos e conicidade, a separação por classes de diâmetros por meio do uso de classificadores de toras, o treinamento e capacitação do operador, o uso de direcionadores ou posicionadores de toras, métodos de desdobro e programas otimizadores de desdobro, dentre outros.

O método de desdobro tem uma grande importância no que diz respeito ao melhor aproveitamento da madeira, uma vez que a forma de desdobro influencia o rendimento de madeira serrada, assim como na obtenção de peças de melhor qualidade, além de afetar de forma significativa a eficiência da serraria.

Em serrarias a variação da matéria-prima é relativamente alta, e o melhor posicionamento da tora na serra só poderá ser feito momentos antes do desdobro, necessitando-se um conhecimento prévio das suas características. Porém, definir qual o método de desdobro, bem como a seqüência das operações será mais interessante para a serraria não é o suficiente, uma vez que, dependendo dos equipamentos que compõem o *"layout"*, alguns métodos podem ser de difícil execução, seja pelo excessivo número de giros na tora a ser desdobrada ou por limitações dos equipamentos. Observa-se, portanto que a complexidade de uma serraria é relativamente grande, onde a definição do melhor desdobramento da tora

deverá considerar um conjunto de fatores intimamente associados, e não fatores isolados.

Para solucionar este problema, programas foram desenvolvidos visando associar fatores físicos (estrutura, equipamento, produtos e “*layout*”) e fatores biológicos (características da matéria-prima), na busca de melhores padrões de processamento associando qualidade, rendimento e eficiência. Estes programas, denominados de otimizadores de desdobro, simulam modelos de corte de acordo com as características da madeira e dos equipamentos, como diâmetro da tora e dimensões das peças a serem produzidas, defeitos na circularidade das toras e ainda, considerando o “*layout*” da fábrica e as espessuras de corte das serras envolvidas nas operações.

Muitos destes programas apresentam-se conjugados com *scanners* que rastreiam toda a superfície da tora e repassam em tempo real os dados coletados para, sendo estes imediatamente processados e repassados para uma base de dados. Todos os equipamentos que compõem o “*layout*” da serraria estão interligados com o programa e a base de dados, sendo automaticamente acionados e ajustados, possibilitando uma melhor entrada da tora na máquina por meio de um orientador de toras, realizando os melhores modelos de corte para as características individuais de cada tora ou grupo de toras numa determinada classe diamétrica.

No Brasil, essa realidade pouco existe e são poucas as serrarias que dispõem de um programa que permita ao menos visualizar as diversas possibilidades de otimização de uma tora, ou de uma classe de toras, seja esta definida pela dimensão, por qualidade, dentre outras, tendo como principal resultado os melhores rendimentos que podem ser obtidos, com rapidez e confiabilidade.

Entretanto, a heterogeneidade entre as serrarias, tanto em nível tecnológico e de produção como em nível de características da matéria-prima e dos principais produtos obtidos é alta. Estas variações precisam ser identificadas e inseridas na base de dados do programa para que os resultados gerados por ele possam representar graficamente e numericamente, os valores reais com precisão.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Inserir um programa otimizador de desdobro, o MaxiTora[®], em uma serraria avaliando a adequação da interface indústria e programa, e os fatores que influenciaram no uso do programa, no rendimento e na qualidade da madeira serrada de pinus.

2.1.1 Objetivos específicos

- a) comparar os modelos propostos pelo MaxiTora[®] com os modelos executados em dois “*layouts*” diferentes na serraria;
- b) identificar as falhas de execução dos modelos propostos pelo MaxiTora[®] nos “*layouts*” estudados;
- c) comparar os rendimentos gerados pelo MaxiTora[®] com os rendimentos reais em cada “*layout*” estudado;
- d) identificar os fatores que influenciaram nos valores de rendimentos observados no MaxiTora[®] e nos “*layouts*”;
- e) ajustar equações para estabelecer correções nos valores de rendimento;
- f) recomendar as estratégias que deverão ser adotadas na empresa e no programa para solucionar as possíveis inconsistências que forem encontradas entre o programa MaxiTora[®] e os “*layouts*” estudados.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Produção de tora e madeira serrada de pinus no Brasil

A estabilização e globalização da economia, aliadas às previsões de falta de madeira de qualidade e de grandes dimensões no mercado internacional, têm levado os empresários do setor florestal a reverem seus conceitos estratégicos,

buscando reduzir custos e, principalmente, agregar valor ao produto final (Scolforo *et al.*, 2001). Assim, com o aumento da perspectiva de escassez de madeira nos próximos anos, principalmente madeira com características adequadas às indústrias de beneficiamento, novas técnicas vêm sendo estudadas, procurando mostrar qual a melhor forma de condução dos reflorestamentos para a obtenção de plantios com maior volume e maior valor agregado no produto final.

Segundo o BRDE (2003), a Região Sul com suas condições edafo-climáticas e o baixo custo das madeiras oriundas de reflorestamento, constitui-se num dos nichos de elevada produtividade florestal, com índices de qualidade compatíveis com as exigências do mercado nacional e internacional. O cenário geral das florestas desta região aponta para um desequilíbrio acentuado entre oferta e demanda, com risco iminente de déficit no fornecimento de madeira, com prejuízos principalmente para os segmentos de serraria e laminação e para a própria indústria moveleira. Estima-se que o déficit de madeira na Região Sul já ultrapasse atualmente os 80 mil ha/ano. Como consequência, várias empresas estão buscando matéria-prima proveniente de outras regiões e em outros países. Os autores relatam que segundo dados da SBS os reflorestamentos para a indústria na Região Sul, possuía em 2000 cerca de 27% dos 4,8 milhões de ha de pinus e eucalipto plantados no País. Hoje, na Região Sul é onde se encontra as maiores áreas destinadas aos povoamentos de pinus, o que mostra a importância deste gênero para o estado e explica o grande número de empresas madeireiras instaladas.

Na Tabela 1, verifica-se a área plantada de pinus no Brasil, mostrando que a Região Sul detém 75,76% da área plantada com pinus, as demais áreas (24,24%) encontram-se distribuídas nas demais regiões, em que se destacam Minas Gerais e São Paulo com respectivamente 8,34% e 8,07% da área plantada.

TABELA 1 - ÁREA PLANTADA DE PINUS NOS PRINCIPAIS ESTADOS PRODUTORES COM SUAS RESPECTIVAS PORCENTAGENS DE PARTICIPAÇÃO DOS ESTADOS DA REGIÃO SUL E DOS DEMAIS ESTADOS BRASILEIROS

Estados	Pinus (ha)	Participação (%)
Paraná	677.772,00	36,94
Santa Catarina	527.079,00	28,73
Rio Grande do Sul	185.080,00	10,09
Subtotal 1	1.389.931,00	75,76
Minas Gerais	153.000,00	8,34
São Paulo	148.020,00	8,07
Bahia	54.746,00	2,98
Mato Grosso do Sul	38.909,00	2,12
Amapá	27.841,00	1,52
Outros	22.123,00	1,21
Subtotal 2	444.639,00	24,24
Total (1+2)	1.834.570,00	100

FONTE: ABRAF (2006) MODIFICADO

O setor de florestas plantadas, integrado às diversas cadeias industriais de transformação da madeira, ocupa atualmente lugar de destaque entre os diferentes segmentos industriais nacionais, tendo em vista os indicadores como geração de renda, arrecadação de tributos, mão-de-obra empregada e geração de divisas (ABRAF, 2006).

Segundo a ABRAF (2006) o consumo de madeira em toras de florestas plantadas para fins industriais no Brasil indica uma distribuição de aproximadamente 66% para eucalipto (99,4 milhões m³) e 34% para pinus (51,4 milhões m³). O principal segmento consumidor é a indústria de celulose e papel (30%), seguida pela siderurgia (21%) e pela indústria de madeira serrada (19%). A participação das indústrias de compensado e de painéis reconstituídos representa cerca de 10 % (FIGURA 1).

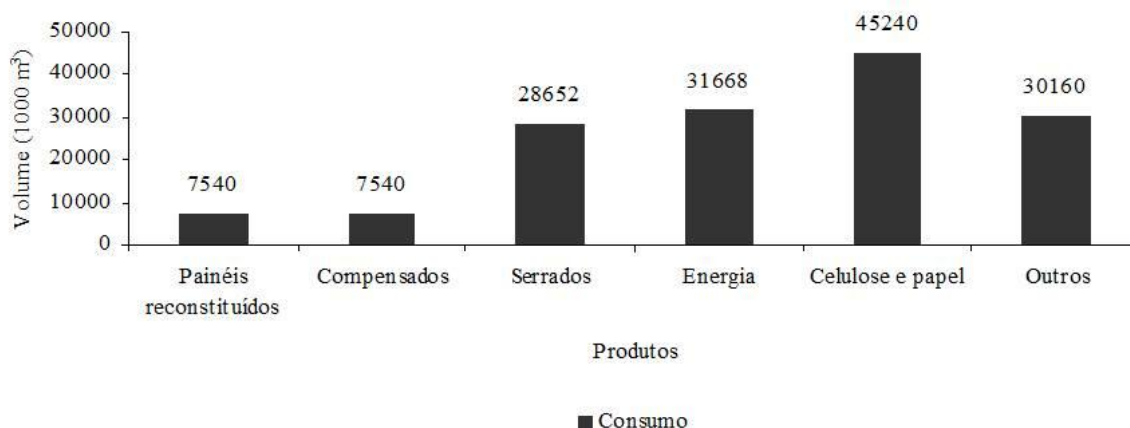


FIGURA 1 - CONSUMO DE MADEIRA EM FUNÇÃO DO PRODUTO FINAL
 FONTE: ABRAF, 2006 (MODIFICADO)

Verifica-se (FIGURAS 2 e 3), que a produção de toras de *Pinus sp* pelas empresas associadas da ABRAF é auto-suficiente. Nota-se que, apesar da produção de toras ter apresentado um aumento crescente de 2003 para 2005 o consumo de tora não seguiu o mesmo comportamento, apresentando uma queda significativa de 13,6% entre as empresas associadas da ABRAF. Essa diminuição se deve ao aumento dos níveis de automação e freqüente atualização da empresa tanto no aspecto físico como humano.

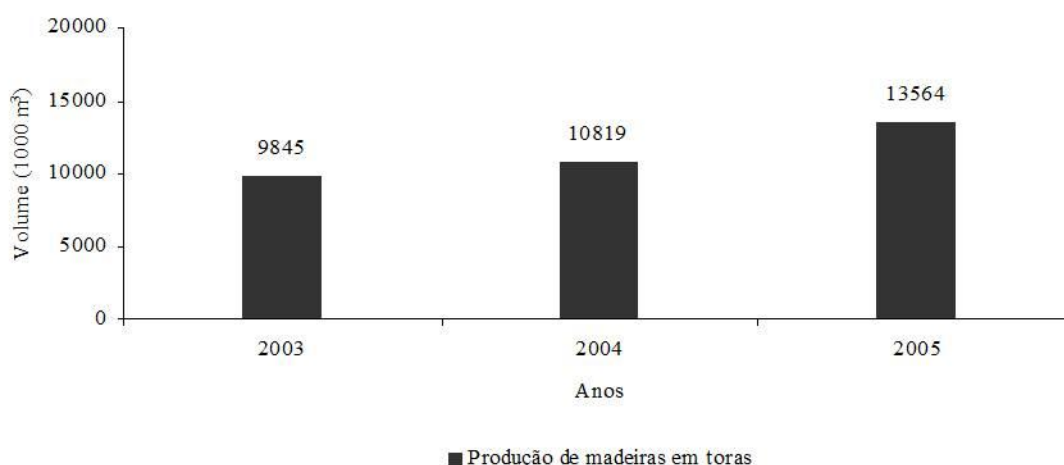


FIGURA 2 - EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO ANUAL DE MADEIRA EM TORA PARA USO INDUSTRIAL NO BRASIL – FLORESTAS PLANTADAS (1990-2005)
 FONTE: ABRAF, 2006 (MODIFICADO)

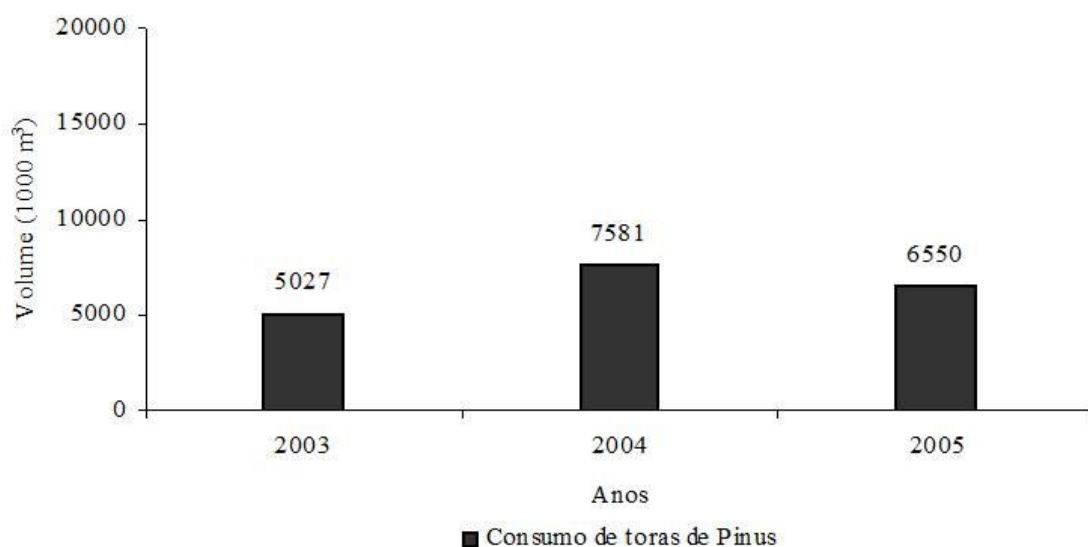


FIGURA 3 - CONSUMO DE MADEIRA EM TORA PELAS EMPRESAS ASSOCIADAS DA ABRAF (2003-2005)

FONTE: ABRAF, 2006 (MODIFICADO)

Dados recentes da ABRAF (2006), mostra que o volume de toras de Pinus sp ultrapassou a casa dos 8,0 milhões de m³. ano-1, com previsão de ultrapassar a casa dos 9,0 milhões de m³.ano-1 para os próximos anos, mesmo considerando uma ligeira queda de 2004 para 2005 (FIGURA 5). A curva de produção de madeira serrada de pinus vem apresentando um crescimento gradual que está se atenuando nos últimos anos, apesar da taxa de crescimento anual média ter atingido 7% ao ano no período 1993-2002. A madeira serrada de pinus que representava cerca de 25% do total produzido em termos de volume, atualmente atinge 35% desse total. Durante os três últimos anos, a produção atingiu níveis próximos de 8,0 milhões m³ ano-1 o que mostra a importância deste setor no mercado madeireiro (FIGURA 4).

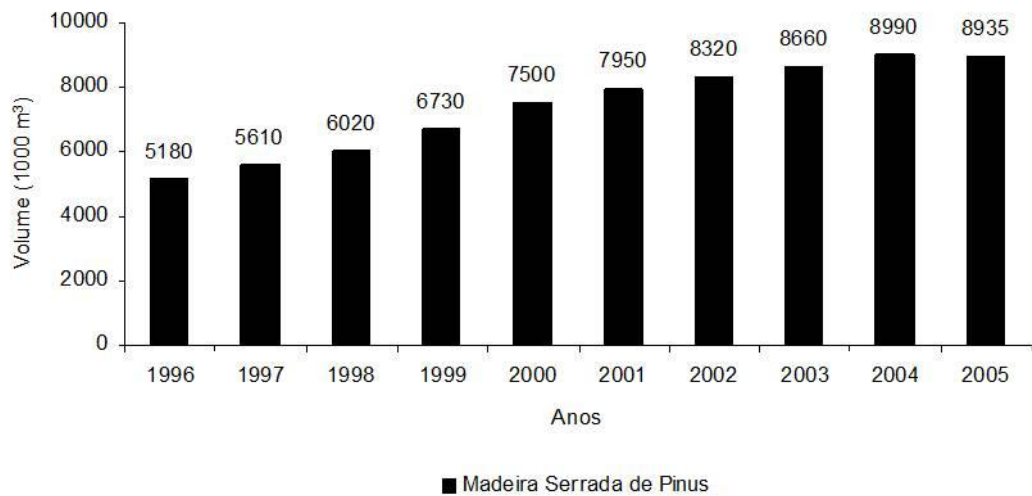


FIGURA 4 - PRODUÇÃO DE MADEIRA SERRADA DE PINUS FONTE
FONTE: ABRAF, 2006 (MODIFICADO)

O consumo do produto madeira serrada, durante os três últimos anos (FIGURA 5), foi equivalente a pouco mais de 80% do volume produzido. Essa é uma tendência mais recente, como consequência da mudança de mercado adotada pelos produtores (ABIMCI, 2004). Entretanto, se a produção de madeira não aumentar nos próximos anos, a produção de madeira serrada será insuficiente para atender a demanda do mercado.

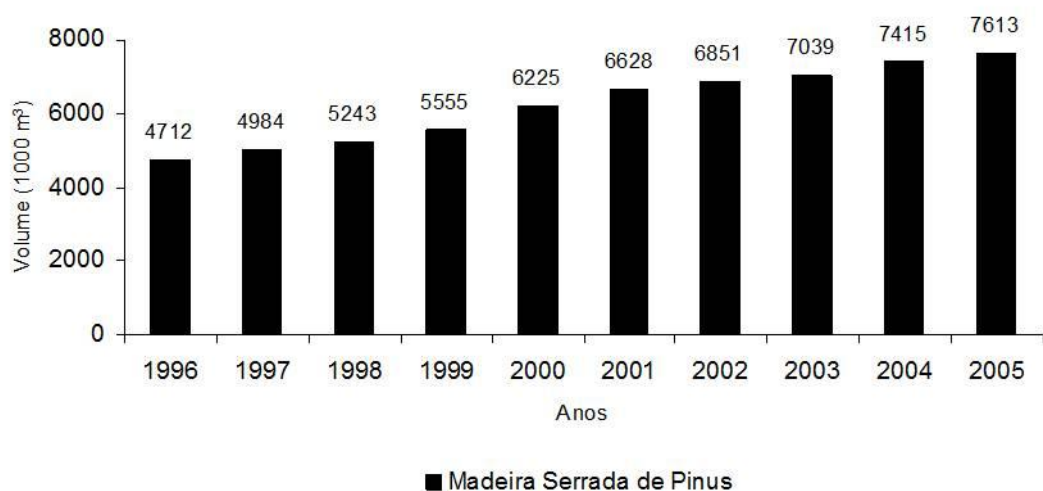


FIGURA 5 - CONSUMO DE MADEIRA SERRADA DE *Pinus* sp
FONTE: ABRAF, 2006 (MODIFICADO)

3.2 Características do processamento da madeira de pinus

Gomide (1973) e Williston (1976) citam que é necessário estudar a situação de cada serraria, desde a matéria-prima a ser utilizada (diâmetros mínimo e máximo) até o produto final. Os problemas que ocorrem durante o processamento mecânico da madeira precisam ser avaliados sob dois pontos de vista. Um abrange o processamento de árvores velhas com diâmetros maiores, contendo uma grande proporção de madeira adulta e um cilindro interno de madeira juvenil, com propriedades distintas nas peças serradas. O outro se refere ao aproveitamento de árvores jovens contendo quase que somente madeira juvenil além de apresentarem pequenos diâmetros, (JANKOWSKY, 1979).

Murara Jr. *et al.* (2005) citam que o rendimento em madeira serrada é influenciado por diversos fatores, tais como as características da espécie, os produtos desejados, o tipo de maquinário, a qualidade da mão-de-obra e, principalmente, pelo diâmetro das toras. Além desses fatores, o tratamento que é dado às toras ainda no pátio da serraria e outras decisões de como desdobrá-las são fatores fundamentais para que se atinjam bons níveis de rendimento.

Atualmente, grande parte das serrarias processa toras de diâmetros reduzidos, o que afeta o rendimento. Diversos mecanismos estão sendo utilizados para melhorar o aproveitamento no desdobro da madeira de pequenas dimensões, como equipamentos mais modernos que apresentam maior versatilidade no sistema de corte, menor espessura de serra, investimento na qualificação de mão-de-obra, utilizando novos “*layouts*”, investimentos em linhas de aproveitamentos de resíduos, maior nível de automação e incorporação de *softwares* específicos.

Em pinus os diâmetros das toras embora pequenos, são mais homogêneos, o que facilita a utilização de técnicas de otimização no desdobro. Dessa forma, uma classificação eficiente e o estabelecimento de modelos de corte apropriados irão proporcionar bons resultados na serraria. Trata-se de uma maneira de se conduzir o desdobro de toras através da sua otimização. Nesse caso, as toras são classificadas e, muitas vezes, descascadas e desdobradas dentro de um modelo de corte pré-definido para cada classe diamétrica, caracterizando-se no processo de otimização das toras. Um sistema de desdobro otimizado constitui em utilizar um sistema de corte anteriormente estudado, objetivando a máxima utilização da tora (LEITE,

1994). A otimização é bem mais que buscar a máxima utilização da tora, objetiva, além da maximização, a qualidade, um maior volume de madeira serrada e conseqüentemente a redução do volume de resíduos gerados.

É importante a busca por novas tecnologias que minimizem estes prejuízos, pois em toda atividade, deve-se ter o maior rendimento e o aprimoramento técnico. Este aprimoramento tem de partir do ponto de utilização máxima da matéria-prima, em forma quantitativa e qualitativa, sendo este o princípio básico da transformação primária da madeira (Machado e Schopper, 1982).

Além do diâmetro, os defeitos relacionados com as condições de crescimento, que afetam principalmente a forma das toras, também influenciam de maneira significativa o rendimento de madeira serrada e devem ser identificados e quantificados para uma tomada de decisão mais correta. Estes defeitos na tora podem restringir ou até mesmo impossibilitar o uso na linha de produção, o que irá depender do “*layout*” que compõe a serraria. Como exemplo, cita-se as serras que desdobram toras com determinados níveis de encurvamento, um defeito que pode impedir o uso de toras na maioria dos “*layouts*” existentes (ROCHA, 2002). Neste caso não só em relação aos equipamentos, mas também em relação a sua disposição no espaço físico da planta e da forma como estão conectados.

A forma das toras influencia a qualidade e as dimensões da madeira serrada, sendo muitas vezes responsável não só pela perda de rendimento, mas, por alterações na dimensão final. A amplitude de variação dos defeitos é maior em madeiras com crescimento natural do que as que foram conduzidas com técnicas silviculturais adequadas, como a presença e ausência de ramos respectivamente (ROCHA, 2002; ROCHA, 2000 e FERREIRA *et al.* 2004)

Os defeitos nas toras são definidos como qualquer desvio na forma ideal do tronco, já que para a serraria fustes longos, cilíndricos e retilíneos são mais adequados. Esses defeitos podem ser decorrentes da herdabilidade, do local de crescimento e da interação destes fatores (MURARA JR. *et al.* 2005; ROCHA, 2004).

A conicidade, diminuição do diâmetro do tronco da base para a copa e principalmente a tortuosidade, são fatores importantes no processamento em serraria e laminação, em que o rendimento e a qualidade são drasticamente afetados (PONCE, 1993). A conicidade ocasiona um menor rendimento e menor qualidade, pois, quanto maior for esta característica, mais agressiva será a passagem da serra ao romper as fibras o que reduz a resistência mecânica,

causando danos que podem impedir o uso de acordo com o produto a ser fabricado, além de resultar em maior quantidade de resíduo (FIGURA 6).

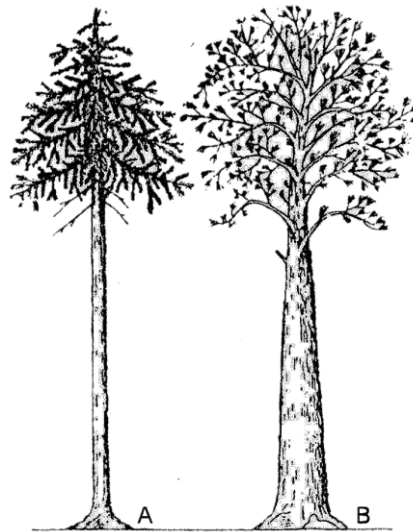


FIGURA 6 - EXEMPLO DE FUSTE SEM CONICIDADE (A) E COM CONICIDADE (B)

FONTE: ROCHA, NOTAS DE AULA, 2006

A tortuosidade pode apresentar-se de forma simples ou complexa, quando a tora tem uma curvatura ou quando tem duas ou mais curvaturas, respectivamente, seja em parte ou em toda a tora. A tortuosidade influenciará nos parâmetros de desempenho de uma serraria em função do layout e dos equipamentos que a compõem. Assim como para a conicidade, a tortuosidade é originada por fatores genéticos ou ambientais e a sua maior ou menor influência na serraria será dependente do número de curvaturas, pois existem equipamentos que podem serrar toras curvas. A curvatura afeta o aproveitamento longitudinal e transversal da tora, pois, produz peças de pequenas dimensões e é associada à excentricidade da medula e a presença de madeira de reação.

Os defeitos apresentados pelas toras na seção transversal do tronco, também são acompanhados de alterações na constituição anatômica, como nos defeitos longitudinais, que, em linhas gerais ocasionam perdas durante o desdobro e nos acondicionamentos finais da madeira (FIGURA 7).

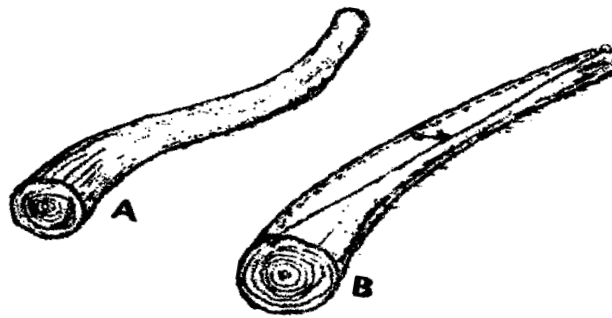


FIGURA 7 - EXEMPLO DE ENCURVAMENTO COMPLEXO (A) E ENCURVAMENTO SIMPLES (B)
 FONTE: ROCHA, NOTAS DE AULA, 2006

3.3 Fatores tecnológicos que afetam o processamento mecânico da madeira

São aqueles ligados ao processo de desdobro de toras que, afetam não só o rendimento como também a qualidade da madeira serrada e a eficiência da serraria. Rocha (2002) considera que além da essência a ser desdobrada e a qualidade dos povoamentos de origem da matéria-prima, outros fatores também afetam o rendimento como os equipamentos, as técnicas utilizadas no desdobro e a qualidade profissional dos operários.

A serraria deve possuir uma amplitude de alternativas no que se refere ao desdobro. Na verdade, esta opção é mais complexa ao considerar-se os diferentes modelos de corte que a serraria deverá efetuar, a fim de atender as exigências dos clientes e obter o maior rendimento possível associado à eficiência, o que leva em consideração a serraria como um todo.

Segundo Fontes (1994), o processo de transformação de uma tora em peças prismáticas denomina-se processo de desdobro, em que vários processos ou métodos de desdobro podem adaptar-se às mais diversas necessidades, variedades de espécies e de formas de toras. Do ponto de vista geométrico e anatômico, os métodos de desdobro podem ser em função dos anéis de crescimento obtendo-se cortes tangenciais, radiais e de transição tangencial e radial. Podem ser em função do eixo, sendo paralelos ao eixo da tora ou paralelos a casca e, em função da seqüência de cortes, em que pode-se encontrar os cortes sucessivos, os cortes simultâneos e os cortes alternados (Vianna Neto, 1984).

O desdobro tangencial consiste na obtenção de peças tangenciais às camadas de crescimento. Entretanto, quando o corte passa pela proximidade da medula, ou tem orientação diametral, também são obtidas peças com face radial (Ferreira *et al.*, 2004). Segundo Vermaas (1995), este tipo de desdobro é preferido na Austrália por apresentar melhor desenho, maior rendimento em madeira serrada, menor limitação de largura das tábuas e maior rapidez de secagem além de apresentarem menores níveis de empenamentos.

Considerado os aspectos relacionados à mão-de-obra, o nível de automação presente na serraria é outro fator que afeta significativamente o rendimento de madeira serrada. No Brasil a maioria das serrarias possui um baixo grau de automação e tecnologia necessitando de um grande número de funcionários.

Dentre o grupo de funcionários, o responsável pela operação da serra deve estar atento nas toras que serão serradas, sendo que uma seleção preliminar, definida por padrões de homogeneidade, antes das toras serem desdobradas, facilita as decisões do operador e minimiza o erro, pois mesmo com essa separação a heterogeneidade é ainda presente. Steele (1984) cita a fadiga, a falta de atenção, de conhecimento ou até mesmo de habilidade do operador como responsáveis a levá-lo a decisões erradas e conseqüentemente a maiores perdas de madeira. Em serrarias convencionais, a forma e a maneira do processamento das toras dependem do operador, e na maioria das vezes ocorre de forma aleatória em que todo o processo ocorre desde a orientação das toras, números de corte, tipo de desdobro, tipos de peças, obtenção de produtos com maior valor agregado, dentre outros, irão depender do operador da máquina principal.

Um dos principais problemas encontrados é a orientação errada da tora no momento do desdobro. Wipieski *et al.* (2002) citam que o posicionamento correto das toras, o número de cortes, o dimensionamento dos blocos e pranchas visando a obtenção de produtos com melhor qualidade, a eliminação dos defeitos das toras, são alguns dos fatores que afetam diretamente o rendimento do processo de corte, os produtos obtidos e conseqüentemente os custos na produção e na receita gerada.

Um orientador ou direcionador de toras deve estar ligado a um “*scanner*,” que ao ler toda a superfície da madeira passa os dados ao orientador de toras que a posiciona para um posicionamento correto na serra para o desdobro. Em “*layout*” com menores níveis de automação, o *scanner* passa para o operador da serra uma

imagem digitalizada da forma da tora e com isso o operador orienta a entrada da tora na serra. Neste segundo caso o operador deve ter um amplo conhecimento relacionado à matéria-prima usada, ao equipamento, ao “*layout*” e aos produtos da empresa.

O correto posicionamento e orientação da tora para o desdobro são importantes, pois uma abertura de corte inadequada pode significar grandes perdas em volume ou qualidade da madeira. A tora deverá ser fixada firmemente e com um correto alinhamento durante o transporte e passagem pela serra. O sistema integrado de desdobro deverá estar suficientemente equilibrado para produzir pequenas espessuras de fio de serra, cortes alinhados, com ferramentas bem preparadas e afiadas, visando à produção de superfícies planas e com velocidade de alimentação em níveis aceitáveis. Os fatores inerentes às condições operacionais da serra também podem influenciar no rendimento obtido, como tipo de dentes, relação largura da trava/ espessura da lâmina, tensão da lâmina e espaçamento entre os dentes da serra. A espessura do corte é outro fator relacionado com o equipamento que muito influencia no rendimento. A espessura de corte varia normalmente entre 2,0 a 6,0mm e depende, por sua vez, de diferentes fatores: velocidade de alimentação (maior velocidade de alimentação significa maior canal de corte); espécie de madeira (maior dureza significa menor canal de corte), acondicionamento da lâmina (uma adequada manutenção significa menor canal de corte). A condição e a manutenção dos equipamentos podem interferir na produtividade de uma serraria. Equipamentos que não funcionam ou que não operam adequadamente podem ser a causa dessa interferência negativa (REMADE, 2003)

Borges (1993), trabalhando com serrarias de pequeno, médio e grande porte de pinus para quatro classes de diâmetro, observou um aumento na produção mensal de madeira serrada para as classes de diâmetros 15 cm, 20 cm, 25 cm e 30 cm da serraria de grande porte em relação às serrarias de pequeno e médio porte, na ordem de 2500% e 500% respectivamente, o que indica uma significativa influência do nível de automação e da qualificação da mão-de-obra dentre as serrarias estudadas.

Um maior nível de automação permite melhorar o rendimento, a eficiência e também a qualidade das peças serradas. As serras mais modernas apresentam menor espessura de corte e possibilitam cortes precisos os quais diminuem as

variações na dimensão. Ponce (1993) relata que a qualidade da madeira serrada pode ser avaliada de duas formas, uma pelas suas características naturais e outra pela precisão de suas dimensões. O controle do processo de desdobro garante uma maior qualidade do produto, sendo assim a necessidade de redução da variação do processo é muito alta, conclui o autor.

Eleotério *et al.* (1996) citam que a madeira serrada deve apresentar homogeneidade nas suas dimensões, pois as variações dimensionais afetam o rendimento, isto porque, o aumento das variações dimensionais acarreta em uma maior sobremedida nas peças serradas. Quando não se dispõe de material homogêneo, faz-se necessário uma classificação da madeira antes do empilhamento que pode ser manual ou automático. Os autores estudaram a variabilidade na espessura de peças de madeira produzidas por duas serras circulares múltiplas, encontraram médias de 27,08 mm e 26,77 mm de espessura, com variação de 0,109 mm e 0,160 mm. No mesmo estudo, não foi encontrada relação entre a variabilidade da espessura com as larguras das peças.

Nesse sentido, Menezes (1998) salienta que a definição da espessura da madeira a ser produzida deve ser bem planejada e levar em conta a qualidade da tora processada, os volumes requeridos e o uso final da madeira. É importante salientar que o tensionamento da serra fita deve ser em função de vários fatores sendo o principal o tipo de madeira serrada. De uma maneira geral, as madeiras mais duras requerem um tensionamento maior que madeiras macias.

As serras de fita necessitam para seu bom funcionamento de adequadas tensões internas e tensões de tração. O tensionamento interno da lâmina de serra consiste em alongar, segundo o comprimento, a parte central da lâmina, de modo que o dorso desta e a sua borda dentada fiquem ligeiramente mais curtas que a parte mediana. Já a tensão de tração é obtida por meio de afastamento dos dois volantes que a suportam, e deve ser de aproximadamente 7 kg/mm^2 (Gomide, 1973). O correto tensionamento da serra é importante, pois permite cortes mais homogêneos na largura e na espessura das peças.

A manutenção preventiva acarreta em uma menor variação no desdobro, de modo que as peças de madeiras produzidas necessitam de menores sobremedidas, o que aumenta o rendimento. A manutenção inclui o equipamento e as lâminas de serra, sendo que o trabalho realizado na sala de afiação influi diretamente na variação do desdobro, conseqüentemente, no rendimento (Gatto *et al.* 2004). É

possível reduzir a espessura das lâminas de serra, tanto circulares como de fita, fazendo-se o tensionamento correto e pelo uso de guias. Ponce (1993) cita que as guias das serras são peças fundamentais na precisão de corte no desdobro, tanto na serra fita como na serra circular. O autor relata ainda que um estudo conduzido nos Estados Unidos mostrou que a redução na largura de corte de uma serra circular, de 9,5 mm para 7,14 mm, aumentou em 7% o rendimento.

As dimensões definidas pela serraria devem ser muito bem estudadas e escolhidas, onde o número de cortes a serem feitos irá influenciar no volume final de madeira serrada. As dimensões maiores geram maior rendimento que as dimensões menores, mas ao se trabalhar com dimensões misturadas o resultado final será melhor, uma vez que as dimensões menores são, na maioria das vezes, retiradas das costaneiras elevando assim o rendimento final de madeira serrada.

Segundo Ponce (1992) a mistura de produtos na serraria é importante no rendimento, pois uma serraria que produz peças grandes geralmente tem maiores rendimentos que outra em que os produtos são de menor tamanho. No entanto, a produção de peças grandes e pequenas resulta no aumento do rendimento, esse aumento deve-se ao fato de se aproveitar regiões da tora que poderiam ser descartadas, permitindo um melhor aproveitamento.

3.4. Utilização de programas de desdobro

A demanda mundial por bens e serviços vem crescendo tanto pelo aumento da população quanto pelo aumento do consumo per capita. Ao mesmo tempo em que cresce a demanda, cresce a oferta e os clientes se tornam mais exigentes, o que leva a um mercado mais competitivo e exige de todos os participantes da cadeia produtiva maior eficiência (WIPIESKI *et al.*, 2002). Os autores relatam que os produtores de madeira competem entre si e dependendo da situação, certos produtos de madeira são substituídos por outros, ou até mesmo por outros materiais, o que mostra um mercado dinâmico e com freqüentes alterações de posição.

As indústrias de madeira serrada de pinus alcançaram, ao longo das últimas décadas, um nível de desenvolvimento buscando eficiência na qualidade dos produtos e racionalização na utilização da matéria-prima. A madeira serrada de pinus representa hoje, a matéria prima base de muitas indústrias de beneficiamento,

as quais necessitam de madeira serrada de boa qualidade, livre de defeitos e imperfeições que afetam a produtividade e os custos de produção, entre outros. À medida que as serrarias se especializam na busca de melhores produtos e maior rendimento, as indústrias de beneficiamento melhoram a qualidade e reduzem seus custos de produção (ROCHA, 2004).

Leite (1994) cita que em uma serraria é importante considerar os diversos produtos sob o princípio do aproveitamento racional da madeira. Assim, qualquer estudo sobre aproveitamento dos subprodutos deve, sempre que possível, considerar a qualidade da madeira, os rendimentos operacionais e os usos alternativos para a madeira e para os resíduos gerados, uma vez que o volume de madeira serrada é a menor parte do volume total gerado pela floresta.

A aplicação da pesquisa operacional na serraria é uma ferramenta que permite as melhores tomadas de decisão em questões relativas às quantidades produzidas, demanda de mercado e quais produtos geram maiores lucros. É, portanto, capaz de fornecer as opções que podem gerar melhores resultados, permitindo desta forma que as empresas possam atingir metas maiores, havendo assim maior crescimento (KOTCH, 2005). Kotch, 2005 cita que a utilização da programação linear nas serrarias tem se alastrado cada vez mais, principalmente com o avanço da informática, permitindo resultados rápidos e precisos na busca de soluções ótimas, com a máxima utilização de recursos ao menor custo.

Wipieski *et al.* (2002) citam que em projetos de serrarias, a otimização no uso de toras tem-se baseado em vários elementos, os quais requerem um conhecimento detalhado da matéria-prima e de decisões a serem tomadas a partir de simulações utilizando modelos de corte. Essas simulações permitem obter informações sobre rendimentos, tipos de produtos, qualidades e os valores, informações estas que formam uma base importante, principalmente pelo fator econômico. Este é um conjunto de fatores que dificilmente pode ser otimizado sem a existência de ferramentas adequadas. Visando facilitar e agilizar tais decisões, a informática tornou-se importante para as serrarias na otimização dos processos de desdobro de toras. Existem hoje, programas que dentro de uma série de produtos, de características da serraria e da matéria-prima, definem a melhor maneira de se obter madeira serrada de uma tora em frações de segundos.

A programação linear é uma poderosa ferramenta de planejamento e vem sendo largamente utilizada em todo o mundo. No setor florestal, seu uso tem-se

difundido bastante, principalmente nos países desenvolvidos (MARTINI e BARBOSA, 1988). Com o avanço tecnológico, a programação linear passou a ser mais utilizada na solução de problemas de recursos escassos (LEITE, 1994). Sim *et al.* (1991) desenvolveram um modelo de programação linear com o objetivo de maximizar a conversão de toras curtas em madeira serrada considerando restrições de demanda.

No Brasil, muitas alternativas já foram criadas e, apesar de algumas limitações, já mostraram um grande avanço tecnológico. Para tornar-se eficiente, um programa precisa ser desenvolvido dentro de critérios específicos, levando em conta principalmente, as características da espécie a qual ele se destina. Depois de estabelecido um cadastro de produtos e definida a classe diamétrica, o programa calcula o melhor modelo de corte através de modelos e algoritmos matemáticos específicos. Rapidamente, o usuário visualiza na tela as peças e as quantidades que serão obtidas de cada tora, dentro de uma classe diamétrica (ROCHA, 2004). Nestas condições, o administrador de uma serraria necessita constantemente associar seu estoque de matéria prima às metas de produção requeridas pelo mercado. Tal situação implica que, na maioria das vezes, o administrador precisa decidir sobre uma melhor classe diamétrica para atender um pedido, dentro de uma boa produtividade, com o melhor rendimento das toras conclui o autor.

A escolha dos operadores da serra principal, das resserradeiras, das canteadeiras e das destopadeiras assume verdadeira importância, tendo em vista que esses profissionais estão continuamente tomando decisões que dizem respeito a fatores que dependem do bom funcionamento das máquinas que, por sua vez, afetam o desempenho da serraria. O tempo de tomada de decisão do operador é muito curto, em função da velocidade de alimentação da serra, em que a visualização da tora não é a melhor. Sendo assim, o nível ótimo de processamento da tora raramente será alcançado prejudicando o rendimento final (LEITE, 1994).

Dessa forma, ter uma ferramenta que possibilite simular variações no processamento, levando em consideração as especificações dos equipamentos, os produtos padronizados, os defeitos da matéria-prima e as dimensões das toras o operador poderá tomar a decisão mais correta em função das características das toras.

A técnica de simulação tem sido utilizada com sucesso em diversas áreas de conhecimento, sendo a ferramenta ideal para resolver problemas apresentados por

sistemas complexos (HOCHHEIM & MARTIN, 1993). Os autores citam que em serrarias esta técnica tem sido utilizada principalmente na otimização de desdobro das toras, cortes de pranchas e tábuas e mesmo para estudar o funcionamento em partes de uma serraria.

A simulação refere-se a modelos matemáticos e estatísticos, que são implementados em programas de computação. Com a simulação pode-se avaliar o comportamento de diversos fatores que intervêm no processo de produção, sob condições normais de funcionamento ou sob restrições, sejam de ordem técnica ou imposta pela gestão de produção (HOCHHEIM & MARTIN, 1993).

Rodriguez (1987) e Leite (1994) afirmam que a simulação é uma técnica que analisa o funcionamento de um sistema sendo formalizado pela programação linear e os otimiza seguindo algum critério. Hochheim & Martin (1993) citam que a construção de um modelo de simulação envolve cinco estágios de desenvolvimento sendo eles:

- a) estágio conceitual;
- b) estágio diagramático;
- c) estágio matemático;
- d) estágio de codificação do algoritmo;
- e) estágio de validação e verificação.

Um processo de simulação envolve a modelagem da situação real, a obtenção dos dados, a análise dos dados e a simulação seguida da conclusão (LEUSCHNER, 1984).

Aune (1974) cita que para um modelo de simulação de uma serraria devem ser levantados dados relativos aos tipos de madeiras, características de formas, dimensões e qualidade, fluxo do material no sistema produtivo, postos de trabalho, produtos, além de informações econômicas.

Hochheim & Martin (1993) relatam que o levantamento dos dados é trabalhoso, o que exige um grande número de observações e registros. Esta etapa de coleta de dados consome tempo e recursos alocados ao estudo de simulação, devendo por isso, ser dimensionada e conduzida de forma criteriosa. Moosmayer (1984) relata as técnicas de desdobro de *Pinus* sp com o aproveitamento de resíduos e compara com as serrarias de países desenvolvidos que utilizam sistemas computadorizados para se encontrar a melhor combinação de produtos a serem obtidos de determinada tora com diâmetro conhecido.

3.4.1 Simuladores de modelos de corte

Atualmente encontram-se disponíveis no mercado sistemas capazes de reconhecer e interpretar automaticamente as diferenças existentes entre as toras a serem processadas, o que garante maior racionalidade no posicionamento e nos diferentes cortes a serem efetuados (WIPIESKI *et al.*, 2002). Trata-se de sistemas de alta tecnologia, os quais possibilitam a maximização no aproveitamento da matéria-prima. Embora disponíveis esses sistemas em geral, são caros e em serrarias de pequeno e médio porte, dificilmente podem ter justificado seu uso, relatam os autores.

Diversas empresas estrangeiras desenvolveram *softwares* que simulam com alto grau de fidelidade as operações de desdobro realizadas dentro da indústria, passando todas as informações necessárias e garantindo os melhores resultados. Dentre algumas empresas do setor cita-se a australiana Saatech, a americana USNR e a canadense A.T.S. Automation Inc. Os programas permitem visualizar as condições de desdobro para cada tora individualmente e apresentam-se com conceitos tridimensionais sendo associados a outros equipamentos como *scanners* que fazem a leitura de toda a superfície da tora apresentando um modelo de corte em que a tora deverá ser desdobrada e quais os produtos sairão desta tora com o seu respectivo rendimento.

A tela referente a entrada dos dados do programa desenvolvido pela Saatech com a simulação da retirada das peças nos sentidos longitudinal da tora e o modelo de corte definido na seção transversal da tora (FIGURA 8). O software possibilita as visualizações padrão e que novos modelos sejam simulados e avaliados com alta precisão, permitindo uma tela interativa com o usuário. O Saatech não define o modelo, este é montado pelo operador do programa e são simuladas 100 opções para cada situação.

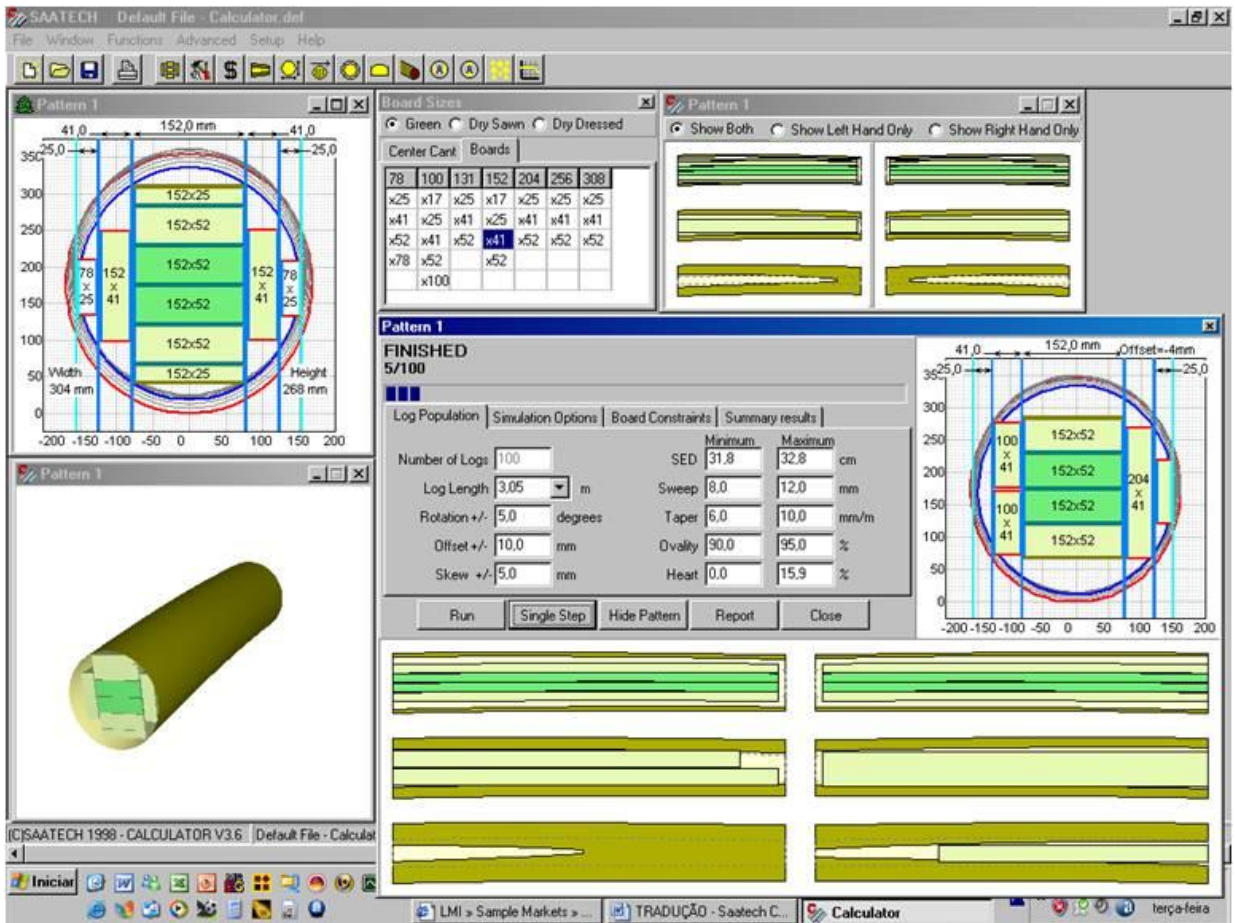


FIGURA 8 - TELA DO SAATECH CALCULATOR MOSTRANDO O PERFIL DA TORA E O MODELO DE CORTE PROPOSTO EM FUNÇÃO DE DIVERSAS OPÇÕES E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DE UMA SERRARIA

FONTE: <http://www.saatech.com.au/>, 2007

A opção “*SED*” (Small end diameter) refere-se aos limites, inferior e superior de uma determinada classe de diâmetro. A opção *sweep* refere-se às espessuras de corte mínima e máxima da serra. Em relação a forma da árvore as opções disponíveis são a *taper*, conicidade, onde são inseridos os valores médios máximo e mínimo das toras de uma determinada classe e o *ovality*, referente ao achatamento ou circularidade da tora. Diversas outras opções são encontradas neste programa. Dentre os sistemas disponíveis no Brasil encontram-se o Siscorte, um programa bidimensional desenvolvido pela STCP conforme citado por Wipieski *et al.* (2002) e o MaxiTora® também com simulação bidimensional da Optimber, uma empresa que cria produtos específicos para solucionar problemas na área florestal. Leite (1994) desenvolveu por meio da programação dinâmica um simulador de modelos de corte

também com simulação bidimensional, mas este software não se encontra disponível no mercado.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do Otimizador de toras MaxiTora[®]

O programa MaxiTora[®], gentilmente cedido pela Optimber, tem como objetivo facilitar e definir a programação de corte nas serrarias que trabalham com matéria-prima de florestas plantadas, onde a homogeneidade de diâmetros permite a organização e definição de modelos de corte para cada classe diamétrica processada com maior rapidez e precisão, permitindo aos profissionais envolvidos nas operações uma prévia visualização de produtos e rendimentos obtidos para as várias classes diamétricas processadas.

É um programa de simulação de desdobro, onde através de uma linha de produtos ou uma determinada necessidade de produtos, é possível definir a classe diamétrica mais apropriada, em termos de rendimento e capacidade produtiva dos equipamentos da serraria. Com esta ferramenta, as tomadas de decisão, o planejamento e o controle da produção são definidos com segurança e rapidez.

O programa apresenta-se com duas telas básicas, uma de cadastro de produtos e uma de otimização de desdobro, em que diversas opções são encontradas visando maximizar as possibilidades dentro da indústria.

(A) Cadastro de produtos

Nesta tela, o usuário cadastra no programa todas as informações referentes aos produtos e características das serras utilizadas nas operações de desdobro, além de definir se as toras serão processadas com ou sem casca. O programa MaxiTora[®] permite cadastrar os produtos, os quais servirão como fonte de dados para a definição dos modelos de corte específicos.

No cadastro são apresentadas colunas, onde serão colocadas todas as informações sobre as peças que serão processadas na serrarias. Observa-se o local de identificação das peças (Id) inserido automaticamente pelo programa, o nome das peças ou dimensões, sendo que estas variáveis servem apenas para

conhecimento do operador, identificando as possibilidades permitidas para as características cadastradas. As opções referentes à espessura e largura da peça é que irão definir o modelo. A opção valor é responsável para orientar o programa nos produtos principais a serem obtidos no desdobro. As quatro colunas restantes referem-se a possibilidade de método de desdobro a ser utilizado, o que deve levar em consideração o “*layout*” da indústria. A opção virar permite que um produto cadastrado possa mudar a sua posição no modelo proposto (FIGURA 9).

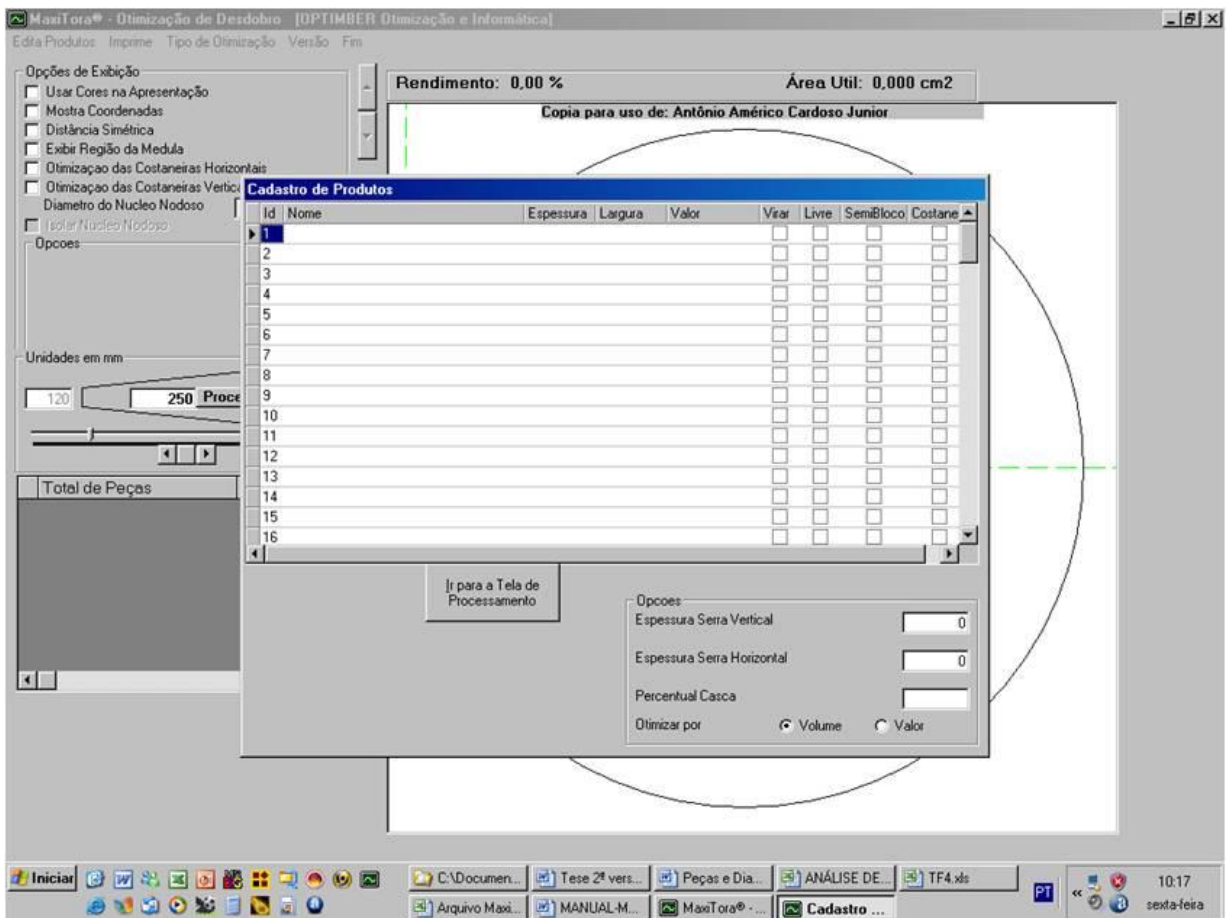


FIGURA 9 - TELA DO MAXITORA® PARA CADASTRO DOS PRODUTOS DE PADRÃO, DAS DIMENSÕES DOS PRODUTOS, DO SISTEMA DE DESDOBR E DO APROVEITAMENTO DAS COSTANEIRAS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Observa-se a página de cadastro preenchida com a identificação e nomeação das peças e o sistema de desdobro a ser utilizado com aproveitamento de costaneiras. Verifica-se que na página de cadastro encontra-se as opções relacionadas às serras existentes no “*layout*” assim como o percentual de casca,

caso o desdobro seja realizado em toras com casca. Ressalta-se que, na opção percentual de casca, a serraria pode utilizar simulando defeitos relacionados à circularidade como achatamento e conicidade, valores estes conhecidos pelas empresas e que podem auxiliar no melhor rendimento e no melhor modelo de corte ao serem considerados. O programa permite otimizar por volume ou por valor (FIGURA 10).

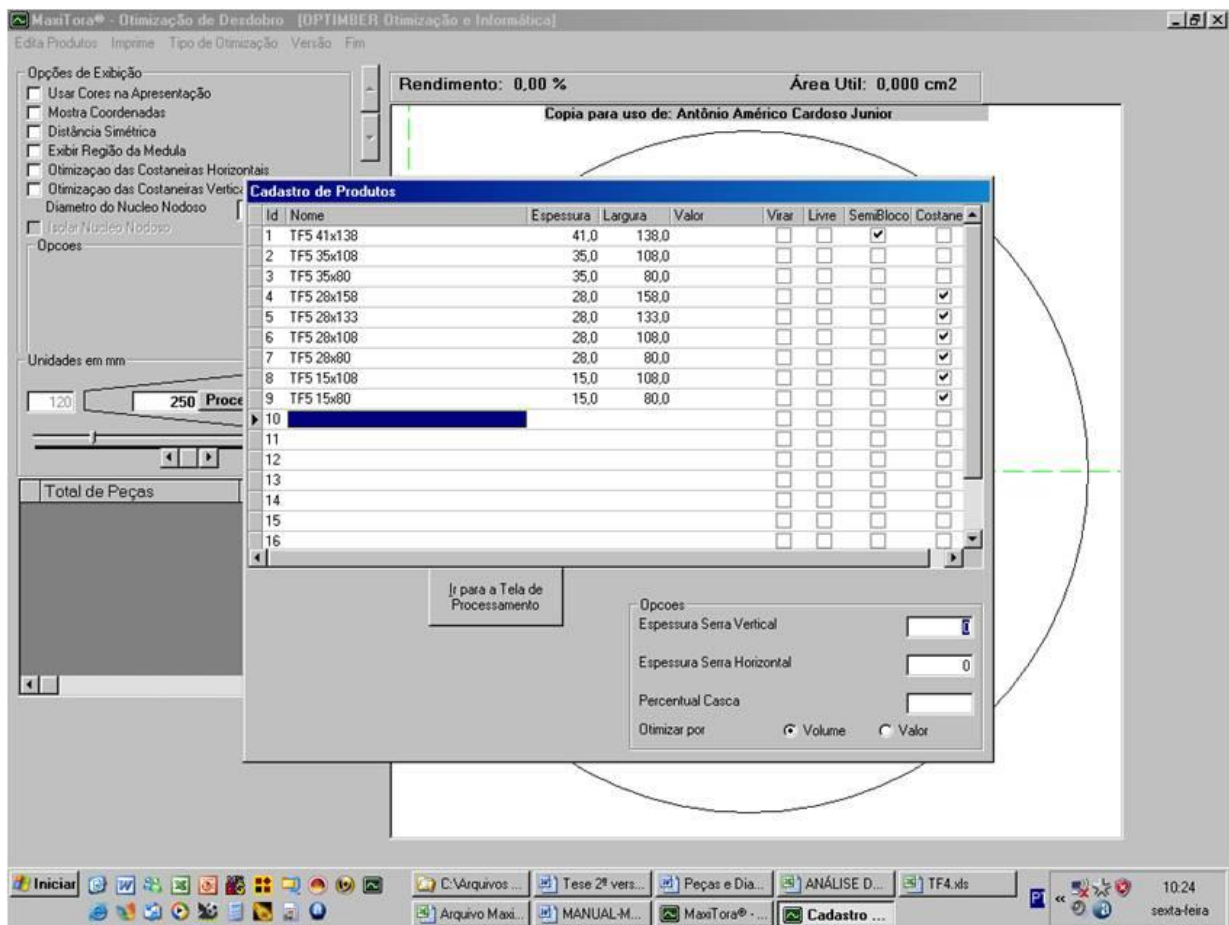


FIGURA 10 - TELA PARA PROCEDER AO CADASTRO DE PRODUTOS, DAS DIMENSÕES E DA ESCOLHA DO SISTEMA DE DESDOBRAMENTO COM O APROVEITAMENTO DAS COSTANEIRAS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

B) Processamento dos dados

Após as informações e dados na tela de cadastro de produtos terem sido inseridas, o operador aciona o botão "ir para a tela de processamento" da página de cadastro de toras para o processamento final do modelo de corte desejado (FIGURA

11). Observa-se que o operador deverá escolher na opção “tipo de otimização” qual o método de desdobro irá efetuar, ressaltando que a escolha deverá estar de acordo com as opções selecionadas na página de cadastro de produtos. Nesta ilustração escolheu-se o método semibloco. Verificam-se as diversas opções apresentadas pelo programa na página de processamento como a utilização ou não das costaneiras vertical e horizontal, visualização da região da medula, isolamento do núcleo nodoso, definição de distâncias simétricas em relação ao desdobro da tora além de permitir ao operador verificar as distâncias entre peças, dimensões e o uso de cores na apresentação.

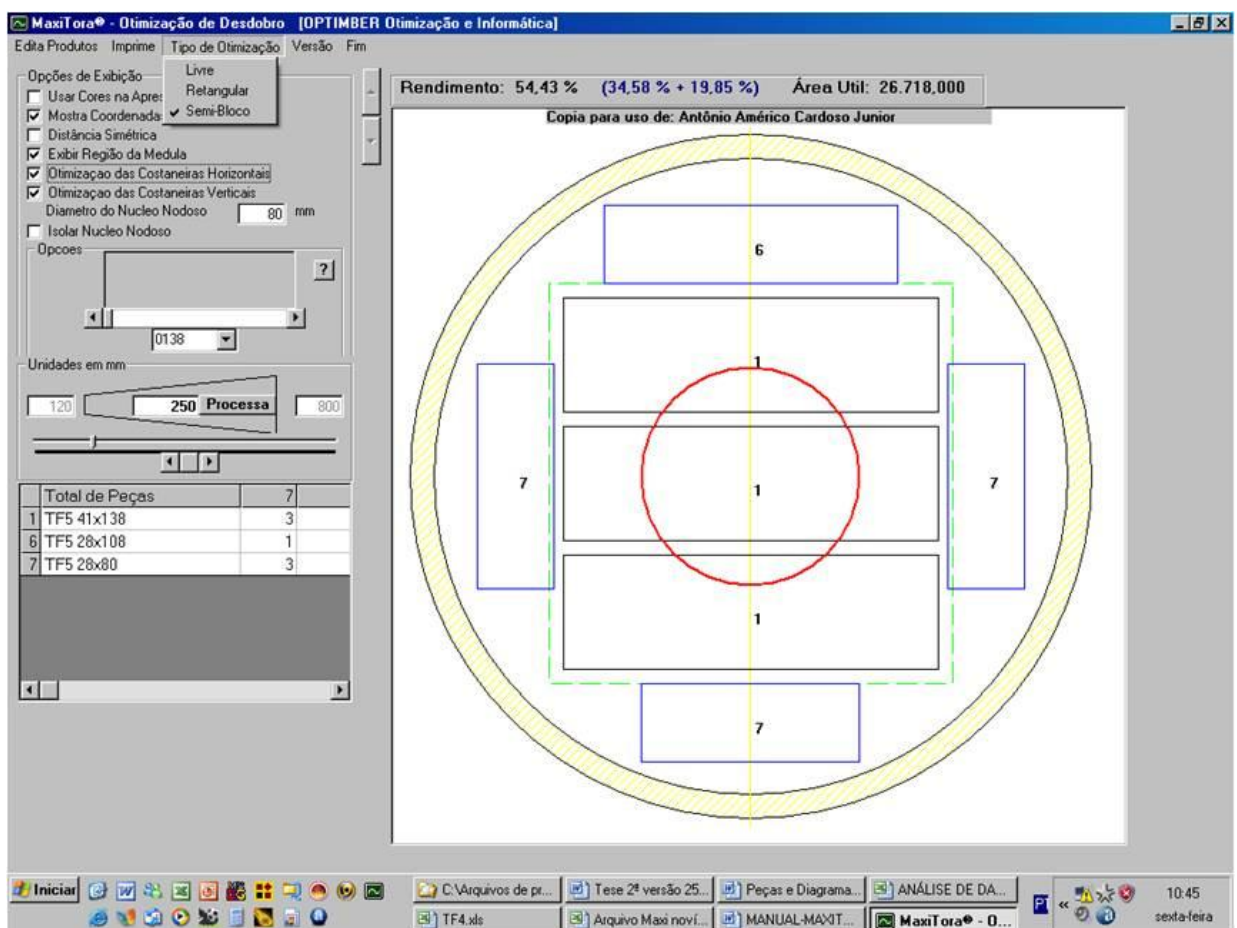


FIGURA 11 - TELA DE SAÍDA DA TELA DE CADASTRO DE PRODUTOS PARA A TELA DE OTIMIZAÇÃO DE DESDOBRIO COM O MODELO PROPOSTO, O DIÂMETRO MÉDIO DA CLASSE, COM O MÉTODO DO SEMIBLOCO ESCOLHIDO, COM A OTIMIZAÇÃO DAS COSTANEIRAS VERTICAL E HORIZONTAL E O RENDIMENTO OBTIDO COM O NÚMERO DE PEÇAS POSSÍVEIS DE SEREM RETIRADAS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Observa-se ainda que o programa define a largura do semibloco, no caso 138 mm e logo acima a barra de descentralização ou barra de posicionamento da tora na serra permitindo uma visualização de erros de entrada da tora na serra. Ressalta-se que o diâmetro da tora é inserido nesta página, sendo no exemplo de 250 mm, e o rendimento total e os rendimentos individuais do semibloco e das costaneiras além dos produtos gerados assim como a sua quantidade são também apresentados.

4.2 Descrição do Local de Experimento

Este trabalho foi realizado na serraria da Empresa Battistella Indústria e Comércio Ltda. (Rio Negrinho-SC), localizada a uma Latitude 26° 39' 35" Sul e Longitude de 49° 37' 55" Oeste com uma altitude média de 968 m. Foram selecionadas 71 toras de pinus com diâmetros que variaram de 12,00 cm a 28,39 cm distribuídas em quatro classes de diâmetros e em duas linhas de desdobro com comprimentos que variaram de 2,10 a 2,22 m.

4.2.1 "layouts" das linhas estudadas

4.2.1.1 "layout" referente a linha 1

Para a linha 1 foram desdobradas 30 toras distribuídas em duas classes de diâmetros sendo a classe de diâmetro 1 com amplitude de 11,51 cm a 15,50 cm contendo 12 toras e classe de diâmetro 2 com amplitude de 15,51 cm a 19,50 cm contendo 18 toras, sendo os modelos propostos pelo programa por meio das dimensões definidas pela empresa como mostra a Tabela 2. As toras 1 e 5 apresentaram diâmetro mínimo de 23,94 cm e 21,14 cm respectivamente, mas foram desdobradas dentro dos modelos propostos para esta linha e as toras 15 e 17, por apresentarem defeitos acentuados na forma não foram aproveitadas, sendo levados ao picador, por apresentarem dimensões fora de padrão.

TABELA 2 - FREQUÊNCIA DE TORAS DESDOBRADAS EM CADA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 1

Classe de diâmetro	Toras	Frequência
1 (11, 51 a 15,50 cm)	4, 6, 8, 9, 10, 13, 14, 16, 20, 21, 27 e 29	12
2 (15,51 a 19,50 cm)	1, 2, 3, 5, 7, 11, 12, 15, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 25, 26, 28 e 30	18

FONTE: O autor (2008)

A Linha 1 constitui-se de uma serra fita dupla com espessura média de corte de 3,5 mm, conjugada com uma serra circular múltipla de um eixo cuja espessura média de corte foi de 5,8 mm. As duas costaneiras retiradas pela serra fita dupla seguiram para uma esteira transportadora para serem resserradas por uma serra fita simples horizontal com a mesma espessura média de corte da serra fita dupla, e foram retiradas peças, quantas foram possíveis, com dimensões de 28x80 mm e refiladas. O restante da costaneira seguiu para outra resserradeira horizontal múltipla de serra fita para a retirada de peças com dimensões de 15x80 mm e com espessura de corte médio de 2,0 mm. O semibloco foi transportado para a serra circular múltipla e desdobrado em peças com dimensões de 35x80 mm, sendo as costaneiras resultantes deste desdobro transportadas para um picador. A Tabela 3 mostra as espessuras, nominal e real de corte das serras que compõem o “*layout*”, assim como as dimensões utilizadas nos modelos de corte da Linha 1.

TABELA 3 - VALORES DAS ESPESSURAS DE SERRA (ES), ESPESSURA DE CORTE NOMINAL DOS DENTES DA SERRA APÓS A AFIAÇÃO (ECNS), A ESPESSURA REAL DE CORTE DA SERRA OBTIDO NA MADEIRA SERRADA (ECRS) PARA A LINHA 1 E AS DIMENSÕES PADRÃO PARA A LINHA PRINCIPAL E PARA AS LINHAS DE APROVEITAMENTO

Linha 1	Serras	ES (mm)	ECNS (mm)	ECRS (mm)	Dimensões (mm)
Linha principal	SFVD	1,2	2,8	3,5	Semibloco (80)
	SCM	3,5	5,0	5,8	Peça (35x80)
Linhas de aproveitamento	1 RFHS	1,2	2,8	3,5	Peça (28x80)
	2 RFHM	0,9	1,9	2,5	Peça (15x80) Peça (15x108)

FONTE: O autor (2008)

SFD – serra fita vertical dupla; SCM – serra circular múltipla; RFHS – serra fita horizontal simples; RFHM – serra fita horizontal múltipla; ES – espessura da serra; ECNS – espessura de corte nominal da serra; ECRS – espessura de corte real da serra.

O “*layout*” referente às linhas 1 e 2, sendo as duas linhas principais distintas e as linhas de aproveitamento interligadas às duas linhas principais (FIGURA 12).

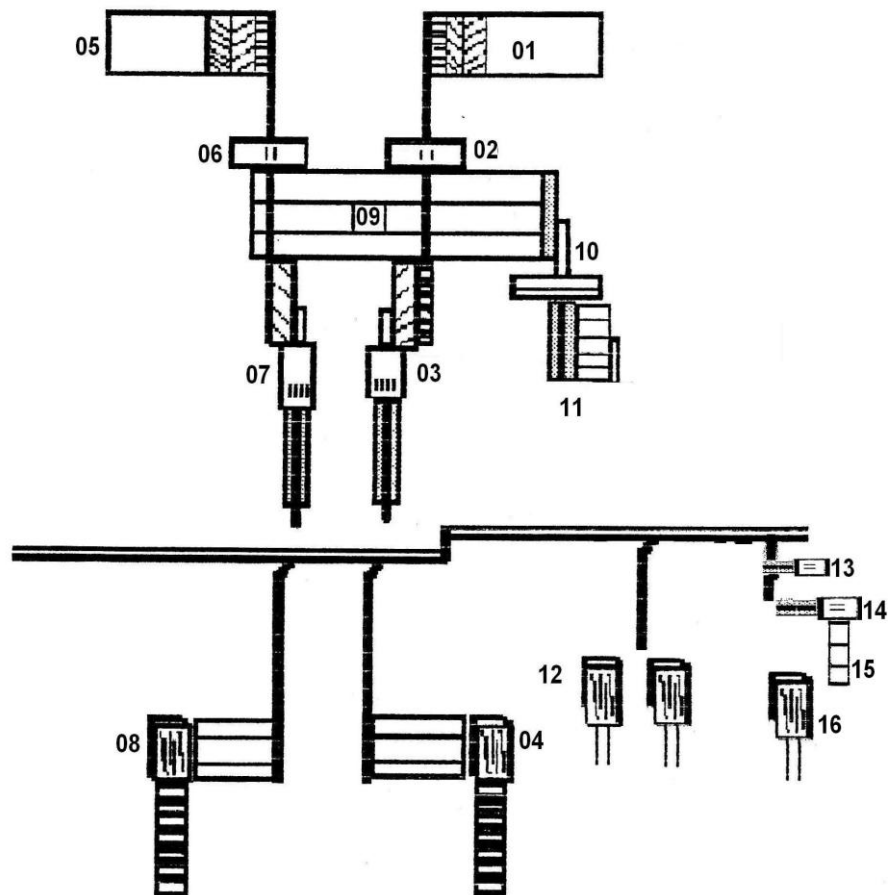


FIGURA 12 - LAYOUT DAS LINHAS 1 E 2 SENDO (1) ALIMENTADOR DE TORAS DA LINHA 1; (2) SERRA FITA DUPLA DA LINHA 1; (3) SERRA CIRCULAR MÚLTIPLA DA LINHA 1; (4) GRADEAÇÃO DA LINHA 1; (5) ALIMENTADOR DE TORAS DA LINHA 2; (6) SERRA FITA DUPLA DA LINHA 2; (7) SERRA CIRCULAR MÚLTIPLA DE DUPLO EIXO DA LINHA 2; (8) GRADEAÇÃO DA LINHA 2; (9) ESTEIRA TRANSPORTADORA DE COSTANEIRAS; (10) SERRA FITA HORIZONTAL SIMPLES PARA COSTANEIRAS; (11) SERRA CIRCULAR SIMPLES REFILEIDEIRA; (12) GRADEAÇÃO DO APROVEITAMENTO 1; (13) SERRA CIRCULAR REFILEIDEIRA DUPLA; (14) SERRA FITA HORIZONTAL MÚLTIPLA; (15) ESTEIRA TRANSPORTADORA DO APROVEITAMENTO 2; (16) GRADEAÇÃO DO APROVEITAMENTO 2

FONTE: (Batistella Ind. e Com. de Madeiras, 2007)

O método de desdobro utilizado para as duas linhas consiste na retirada de duas costaneiras pela serra fita, as quais são encaminhadas para as linhas de aproveitamento interligadas, o semibloco é levado a uma serra circular múltipla, que muda dependendo da linha e as costaneiras retiradas são encaminhadas ao picador (FIGURA 13).

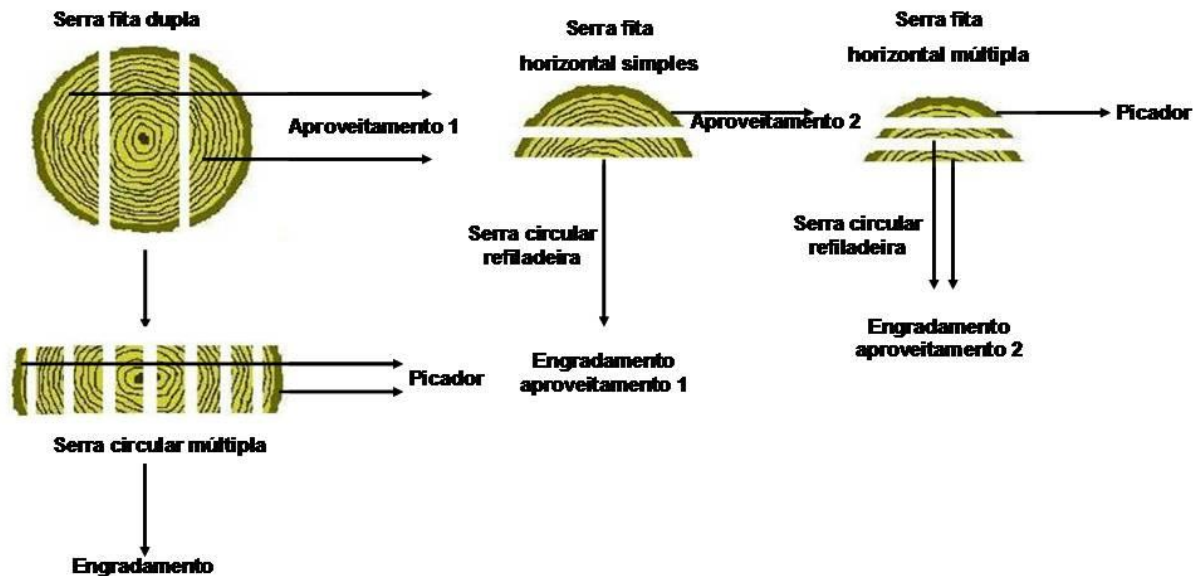


FIGURA 13 - MODELO DE DESDOBRO USADO NAS LINHAS 1 E 2
 FONTE: ROCHA (2007)

Os modelos propostos 1, 2 e 3 foram simulados para a classe de diâmetro 1 (11,50 a 15,51 cm) e os modelos 4, 5, 6 e 7 simulados para a classe de diâmetro 2 (15,51 a 19,50 cm). As toras foram descascadas antes do desdobro, não sendo considerada a opção de espessura de casca existente no programa. Na simulação dos modelos executados na serraria, esta opção foi utilizada como defeitos na superfície rolante apresentados pela tora. O modelo 1 proposto para toras com diâmetros de 120 mm a 122 mm e o modelo 5 para toras com diâmetros de 168 mm a 169 mm não foram realizados por não apresentarem toras com diâmetros necessários (FIGURA 14).

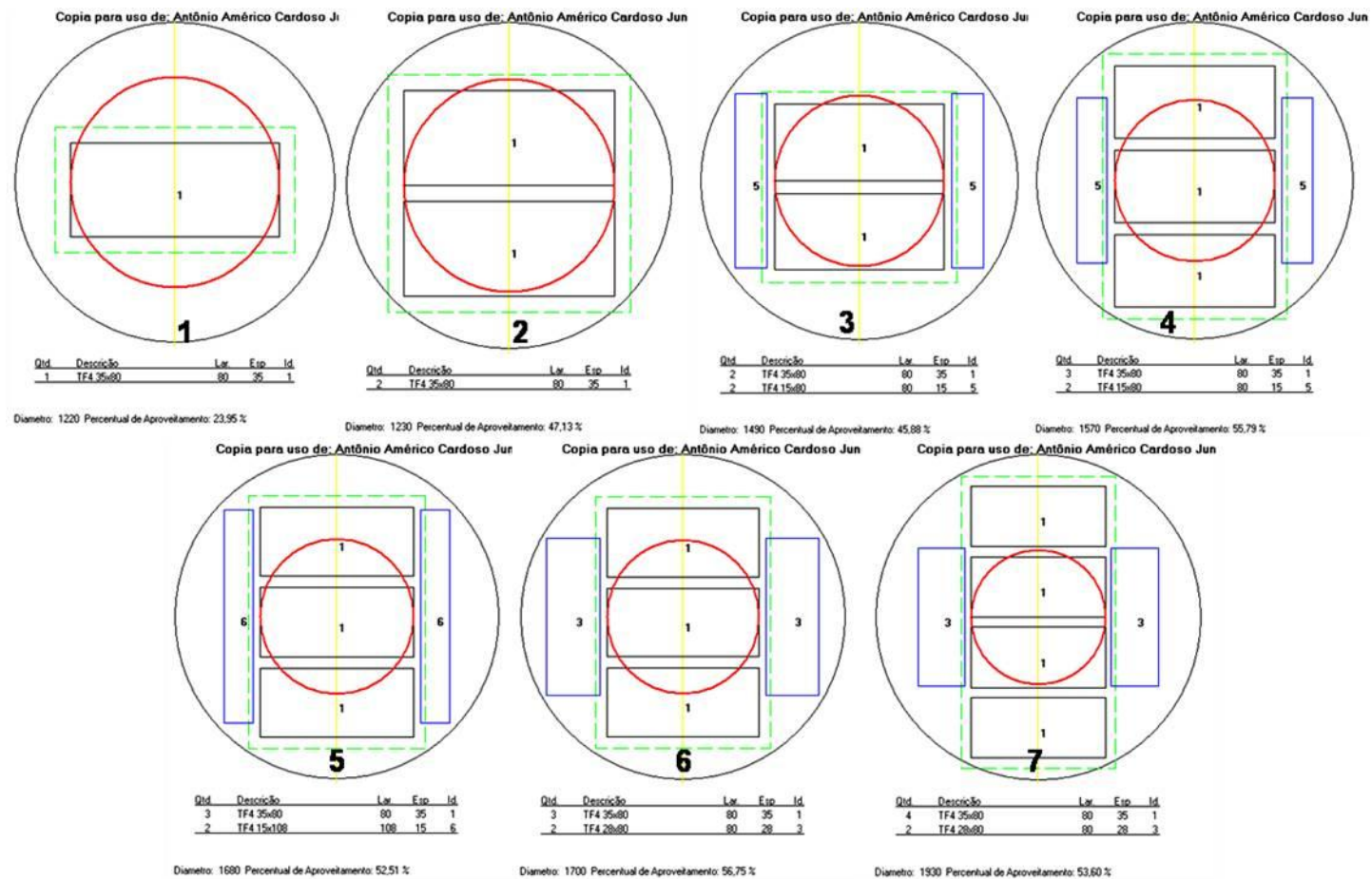


FIGURA 14 - MODELOS DE CORTE PROPOSTOS PELO MAXITORA® PARA AS CLASSES DE DIÂMETRO 1 (11,51-15,50 CM) E 2 (15,51-19,50 CM) DA LINHA 1 E SEUS RENDIMENTOS ESTIMADOS

FONTE: MAXITORA®, 2008

4.2.1.2 Layout da linha 2

Para a Linha 2 foram desdobradas 41 toras distribuídas em duas classes de diâmetro com amplitude de 5 cm sendo a classe de diâmetro 1 de 19,51 cm a 23,50 cm e a classe de diâmetro 2 de 23,51 a 28,50 (Tabela 4).

TABELA 4 - FREQUÊNCIA DE TORAS DESDOBRADAS POR CLASSE DE DIÂMETRO NA LINHA 2

Classe de diâmetro	Toras	Frequência
1 (19,51 a 23,50 cm)	36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70	26
2 (23,50 a 28,51 cm)	141, 142, 143, 144, 145, 146, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155	15

FONTE: O autor (2008)

A linha 2 apresentou as mesmas características da linha 1, como apresentado na FIGURA 13, diferenciando-se na serra circular múltipla conjugada, sendo esta de duplo eixo com uma espessura de corte médio de 5,4 mm. As demais linhas de aproveitamento e de resserra foram as mesmas da linha 1, uma vez que a esteira transportadora, citada acima transportava as costaneiras das duas linhas simultaneamente. A Tabela 5 mostra as espessuras, nominal e real de corte das serras que compõem o “*layout*”, assim como as dimensões utilizadas nos modelos de corte para as classes de diâmetro da Linha 2.

TABELA 5 - VALORES DAS ESPESSURAS DE SERRA (ES), ESPESSURA DE CORTE NOMINAL DOS DENTES DA SERRA APÓS A AFIANÇA (ECNS), A ESPESSURA REAL DE CORTE DA SERRA OBTIDO NA MADEIRA SERRADA (ECRS) E AS DIMENSÕES PADRÃO PARA A LINHA PRINCIPAL E PARA AS LINHAS DE APROVEITAMENTO NAS CLASSES DE DIÂMETRO I E II DA LINHA 2

Linhas	Serras	ES (mm)	ECNS (mm)	ECRS (mm)	Dimensões Classe de Diâmetro I (mm)	Dimensões Classe de Diâmetro II (mm)
Linha 2	SFVD	1,2	2,8	3,5	Semibloco (108)	Semibloco (138)
	SCMDE	3,0	4,5	5,4	Peça (35x108)	Peça (41x108)
Linhas de aproveitamento	1 RFHS	1,2	2,8	3,5	Peça (28x80)	Peça (28x80)
	2 RFHM	0,9	1,9	2,5	Peça (28x108)	Peça (28x108)
					Peça (15x80)	Peça (15x80)
					Peça (15x108)	Peça (15x108)

FONTE: O autor (2008)

NOTA: SFD – serra fita vertical dupla; SCMDE – serra circular múltipla de duplo eixo; RFHS – resserradeira fita horizontal simples; RFHM – resserradeira fita horizontal múltipla; ES – espessura da serra; ECNS – espessura de corte nominal da serra; ECRS – espessura de corte real da serra

Para a classe de diâmetro 1 da linha 2, a princípio foi proposto pelo programa 11 modelos de corte (FIGURA 15). Observa-se que os modelos 9, 10 e 11 apresentaram peças dispostas lado a lado, sendo estes modelos não reproduzidos no “*layout*” estudado. Diante do exposto foram considerados novos modelos em substituição a estes, em que foram retiradas as peças 28x80 mm e inseridas as peças 28x158 mm, gerando dois novos modelos. Sendo assim foram analisados 10 modelos e não 11, em razão destas substituições.

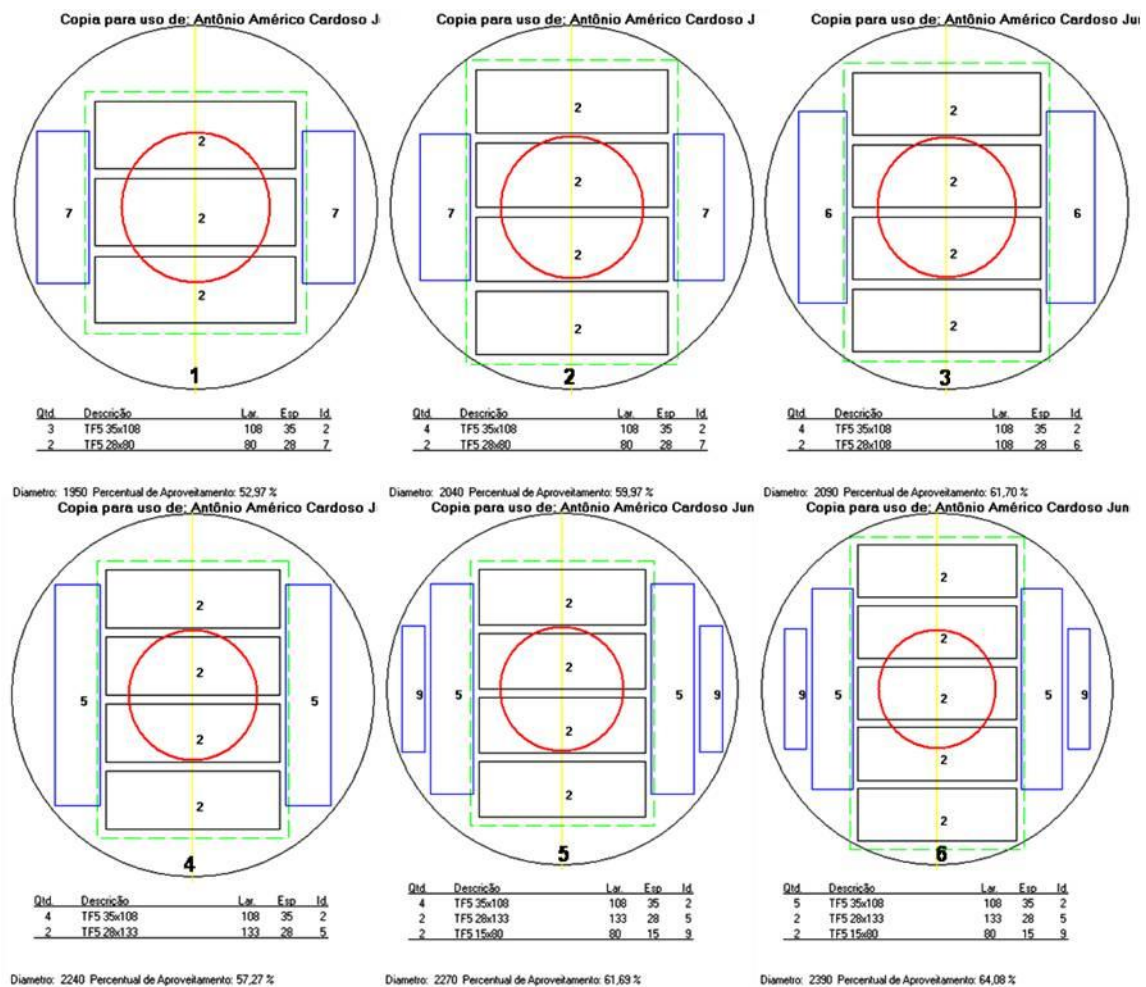


FIGURA 15 - MODELOS DE CORTE PROPOSTOS PELO MAXITORA® PARA A CLASSE DE DIÂMETRO 1 (19,51-23,50 CM) DA LINHA 2 E SEUS RENDIMENTOS ESTIMADOS (CONTINUA)

FONTE: MAXITORA®, 2008

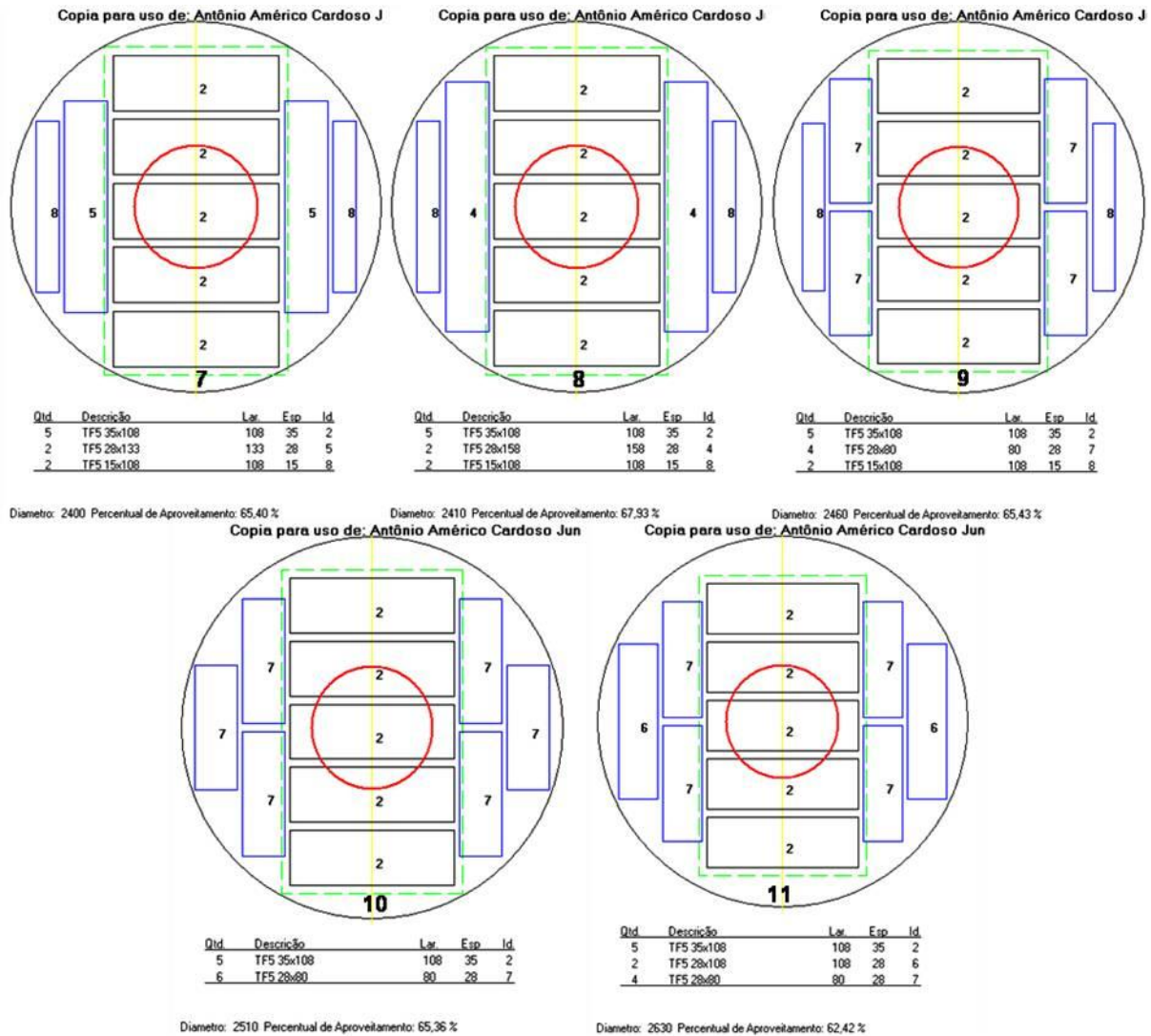


FIGURA 15 - MODELOS DE CORTE PROPOSTOS PELO MAXITORA® PARA A CLASSE DE DIÂMETRO 1 (19,51-23,50 CM) DA LINHA 2 E SEUS RENDIMENTOS ESTIMADOS (CONCLUSÃO)

FONTE: MAXITORA®, 2008

Como os modelos 9, 10 e 11 não poderiam ser executados na serraria, foi proposto um modelo substituto. Conforme detalhado mais adiante, como a empresa não possuía peças a serem retiradas na costaneira com largura superior a 158 mm, o modelo 11 também foi retirado e as toras foram desdobradas junto com as toras dos modelos anteriores (FIGURA 16).

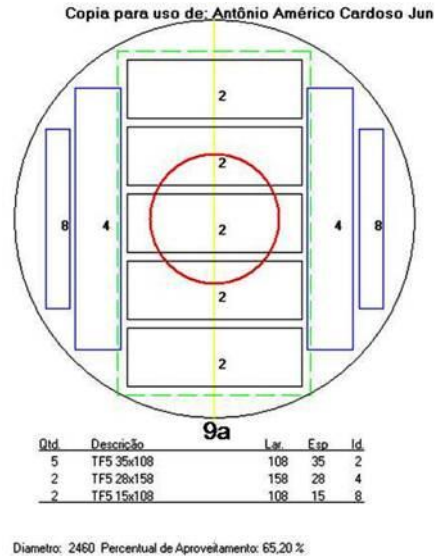


FIGURA 16 - MODELO DE CORTE PROPOSTO PELO MAXITORA® PARA AS TORAS COM DIÂMETROS DE 246 MM A 264 MM, DIÂMETRO MÁXIMO DA PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2 E SEU RENDIMENTO ESTIMADO
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Os modelos de corte de 1 a 12 propostos para a classe de diâmetro 2 da linha 2 e como ocorreu para a primeira classe, os modelos 6 a 12 não poderiam ser realizados dentro do “*layout*” estudado, pela presença de peças dispostas lado a lado, o que levou a substituição das peças com dimensões de 28x80 mm, 28x108 mm; e 28x133 mm por peças com dimensões de 28x158 mm. Com a substituição, o modelo 6 apresentou as mesmas características que o modelo 5, conforme pode ser observado. Sendo assim foram estudados seis modelos e não doze, em função das características da indústria em estudo, sendo os modelos 5 e 6 utilizados em substituição dos demais modelos (FIGURA 17).

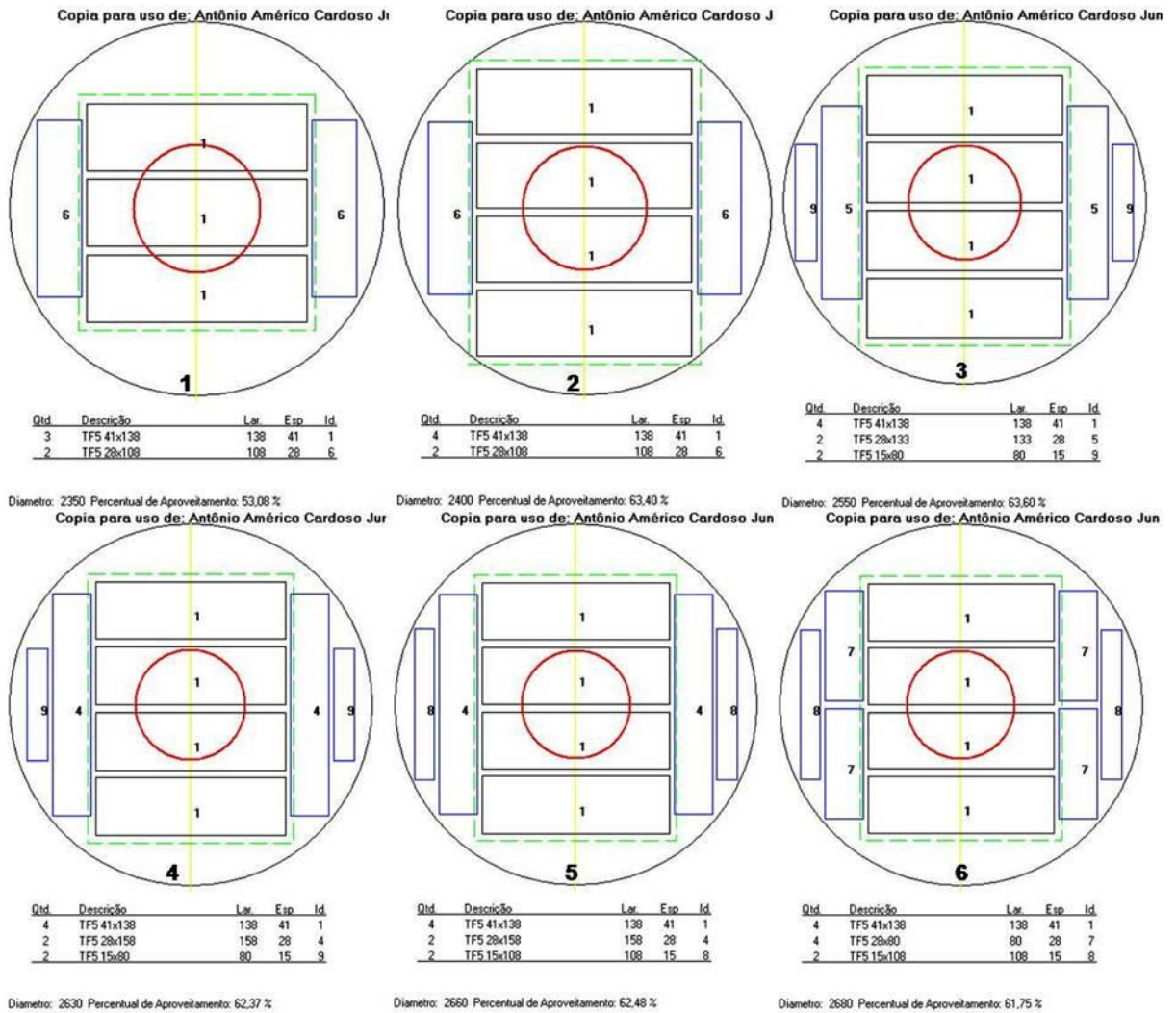


FIGURA 17- MODELOS DE CORTE PROPOSTOS PELO MAXITORA® PARA A CLASSE DE DIÂMETRO 2 (23,51-28,50 CM) DA LINHA 2 E SEUS RENDIMENTOS ESTIMADOS (CONTINUA)
 FONTE: MAXITORA®, 2008

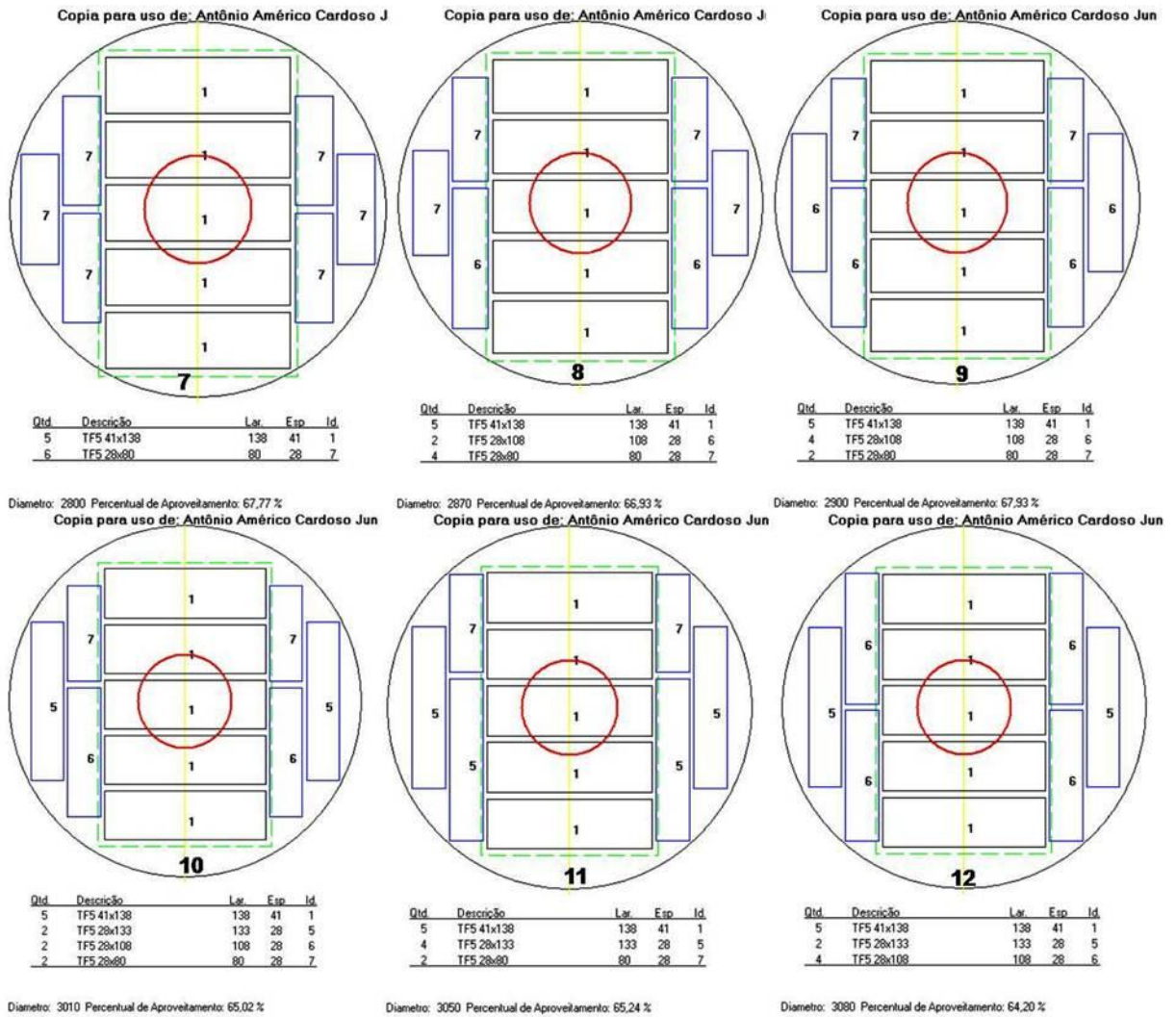


FIGURA 17- MODELOS DE CORTE PROPOSTOS PELO MAXITORA® PARA A CLASSE DE DIÂMETRO 2 (23,51-28,50 CM) DA LINHA 2 E SEUS RENDIMENTOS ESTIMADOS (CONCLUSÃO)
FONTE: MAXITORA®, 2008

Os modelos 6 e 7 com substituição das peças mencionadas pela peça 28x158 mm sendo a diferença entre estes modelos no semibloco sendo o modelo 6 com quatro peças no semibloco e o modelo 7 com cinco peças no semibloco (FIGURA 18).

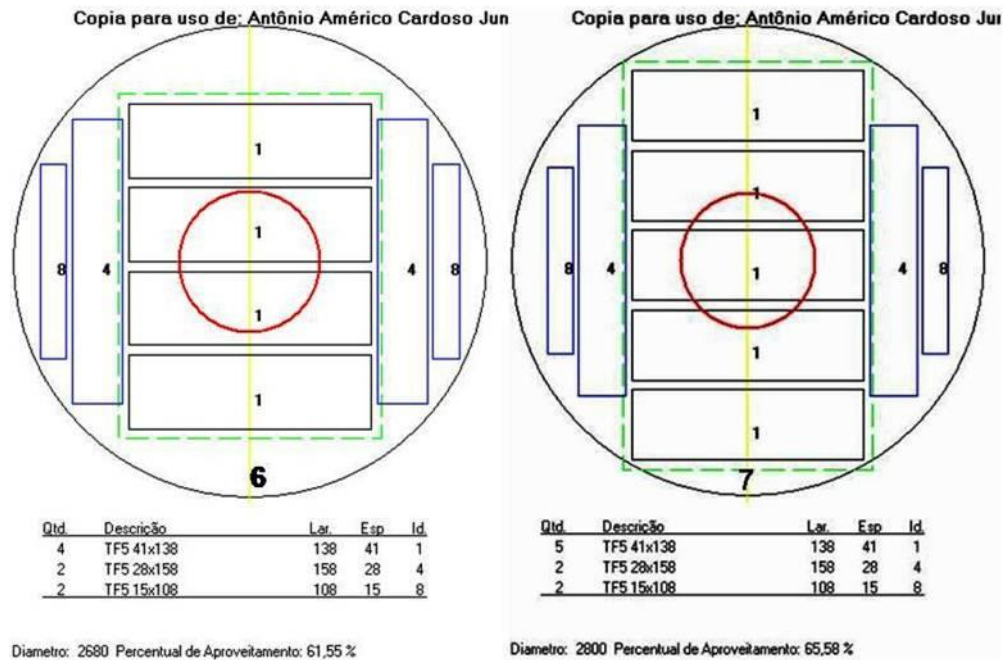


FIGURA 18 - MODELO DE CORTE 6 PROPOSTO PELO MAXITORA® PARA AS TORAS COM DIÂMETROS DE 268 MM A 279 MM, COM AS MESMAS CARACTERÍSTICAS DO MODELO DE CORTE 5, E MODELO DE CORTE 7 COM DIÂMETROS ACIMA DE 280 MM PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2 E SEUS RENDIMENTOS ESTIMADOS

FONTE: MAXITORA®, 2008

4.3 Coleta de dados

As extremidades das toras (FIGURA 19a) foram pintadas com padrões de cores diferentes para controle no rastreamento das peças serradas na serraria (FIGURA 19b) e foram medidas as circunferências na ponta fina e na ponta grossa, posteriormente transformada em diâmetros para os cálculos e o comprimento total da tora.

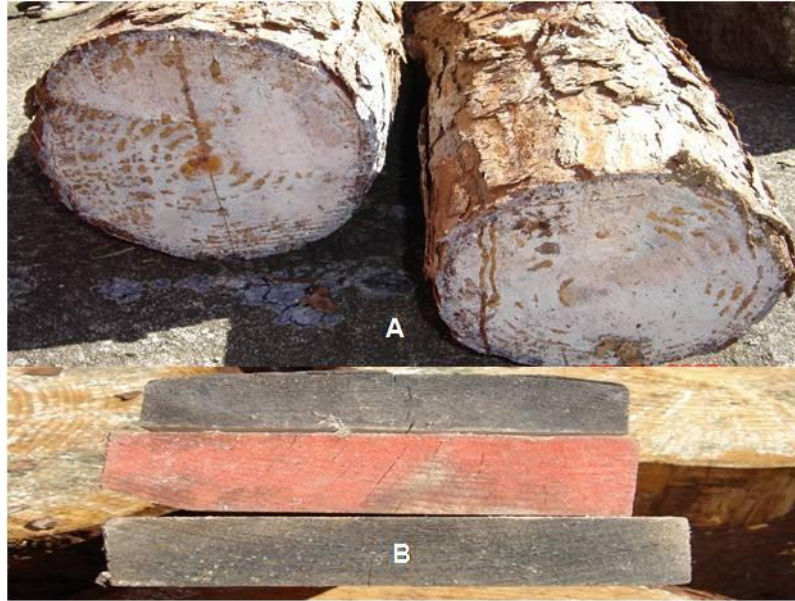


FIGURA 19 - TORAS COM OS TOPOS PINTADOS (A) E AS PEÇAS SERRADAS (B)
FONTE: O autor (2008)

Na madeira serrada foram medidas as larguras, as espessuras em três posições com um paquímetro digital, sendo duas medições a 20 cm das extremidades e a terceira medição na posição central da peça e o comprimento medido de topo a topo da peça com auxílio de uma trena. Foram excluídas as regiões que apresentavam esmoado, tanto na largura quanto no comprimento obtendo-se assim volumes de madeira limpa. Foram utilizados para o cálculo de volume os valores médios de largura e o valor nominal da espessura e o comprimento da peça.

Mediu-se com o uso de um paquímetro com precisão de 0,01 mm, as espessuras de corte, sendo estas realizadas diretamente na madeira. O procedimento adotado foi permitir uma passagem parcial das peças nas serras (FIGURA 20a) e realizar um recuo, o que impedia que a peça fosse totalmente serrada, sendo as espessuras de corte da serra medidas nas peças de teste (FIGURA 20b) e os valores médios inseridos na base de dados do programa em estudo.

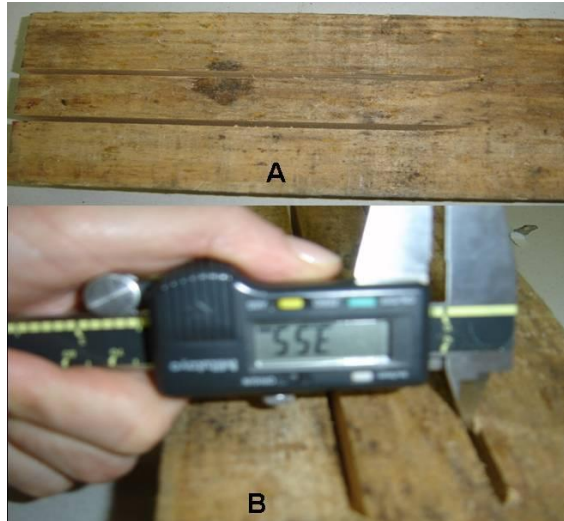


FIGURA 20 - CORTE PARCIAL FEITO NA PEÇA (A) PARA A MEDIÇÃO DA ESPESSURA DE CORTE (B)
 FONTE: O autor (2008)

4.4 Cálculos para a obtenção das variáveis volume, rendimento, fator de forma e conicidade

4.4.1 Cálculos dos volumes da tora e de madeira serrada

Calculou-se o volume da tora ($V_{Tora} - m^3$) conforme a fórmula de volume de Smalian, Equação 1:

$$V_{Tora} = \frac{\pi}{40.000} \cdot \left(\frac{D_1 + D_2}{2} \right)^2 \cdot L \quad (1)$$

em que:

V_{Tora} = volume da tora (m^3)

D_1 = diâmetro na ponta fina (cm)

D_2 = diâmetro na ponta grossa (cm)

L = comprimento da tora (m)

Calculou-se o volume individual de madeira serrada ($VI - m^3$) e o volume total das peças por tora ($V.MS - m^3$) pelas equações 2 e 3:

$$VI = Lg.E.L \quad (2)$$

$$V.MS = \sum VI = Lg.E.L \quad (3)$$

em que:

VI = volume individual da peça (m³)

V_{MS} – volume total das peças por tora (m³)

Lg = largura da peça serrada (m)

E = espessura da peça serrada (m)

L = comprimento da peça serrada (m)

4.4.2 Cálculo do rendimento de madeira serrada

Somou-se o volume individual das peças obtidas de cada tora para o cálculo do rendimento da tora pela equação 4:

$$R(\%) = \frac{V_{MS}}{V_{Tora}} \cdot 100 \quad (4)$$

em que:

R (%) = rendimento de madeira serrada (porcentagem)

V_{MS} = volume total de madeira serrada de uma tora (m³)

V_{Tora} = volume da tora (m³)

4.4.3 Cálculo do rendimento do MaxiTora[®]

O volume das toras e das peças foi calculado considerando três dimensões. No MaxiTora[®] o rendimento foi calculado pela razão da área das figuras (produtos propostos pelo modelo de corte) pela área do círculo (diâmetro da tora) inserido no programa como de acordo com as equações 5, 6 e 7.

$$AC = \pi r^2 \quad (5)$$

$$AP = B \times A \quad (6)$$

$$RMT(\%) = \left(\frac{AP}{AC} \right) \times 100 \quad (7)$$

em que:

AC = área do círculo (mm²)

R = raio do círculo (mm)

AP – área dos produtos (mm²)

D^2 = diâmetro cadastrado no MaxiTora[®] (mm)

B = base (mm)

A = altura (mm)

R.MT = rendimento fornecido pelo software (%)

4.4.4 Cálculo do fator de forma

O fator de forma foi calculado em função da equação 11:

$$V_{\text{cilindro}} = \frac{\pi \cdot D_2^2}{40.000} \cdot L \quad (8)$$

$$V_{\text{tora}} = \frac{\pi \cdot \left(\frac{D_1 + D_2}{2}\right)^2}{40.000} \cdot L \quad (9)$$

$$f = \frac{V_{\text{tora}}}{V_{\text{cilindro}}} \quad (10)$$

Substituindo (8) e (9) em (10):

$$f = \frac{\frac{\pi \cdot \left(\frac{D_1 + D_2}{2}\right)^2}{40000} \cdot \frac{L}{1}}{\frac{\pi \cdot D_2^2}{40000} \cdot \frac{L}{1}} \quad \text{ou} \quad f = \frac{\left(\frac{D_1 + D_2}{2}\right)^2}{D_2^2} \quad (11)$$

em que

V_{cilindro} = volume do cilindro (m^3)

V_{tora} = volume da tora (m^3)

f = fator de forma

D_1 = diâmetro menor (cm)

D_2 = diâmetro maior (cm)

L = comprimento da tora ou do cilindro (m)

4.4.5 Cálculo da conicidade da tora

A conicidade das toras foi calculada conforme a equação (12):

$$C(\%) = \frac{D_2 - D_1}{L} \cdot 100 \quad (12)$$

em que:

C (%) = conicidade (%)

D₁ = diâmetro menor (cm)

D₂ = diâmetro maior (cm)

L = comprimento da tora (m)

4.4.6 Cálculo do abaulamento da tora

Outro defeito foi relacionado aos diâmetros medidos. Algumas toras apresentaram um diâmetro central com valores que não eram esperados, ou seja, os diâmetros centrais apresentaram valores maiores que o diâmetro da ponta grossa ou menor que a ponta fina, sendo que estes tendem a diminuir com a altura da árvore.

O abaulamento foi determinado em função do comprimento da tora. Considerou-se o abaulamento quando o diâmetro central da tora foi menor que o diâmetro da ponta fina ou maior que o diâmetro da ponta grossa, o que gerou peças com defeitos, principalmente nas laterais necessitando de refilo. A equação 13 foi utilizada quando o diâmetro central foi maior que o diâmetro da ponta grossa, uma vez que este influenciou a extensão mais grossa da tora.

$$AB_{D_{maior}} (\%) = \frac{D_{maior} - D_{menor}}{L \times 0,5} \cdot 100 \quad (13)$$

em que:

AB_{D_{maior}} = abaulamento central maior que o diâmetro da ponta grossa (%)

D_{maior} = diâmetro central da tora (cm)

D_{menor} = diâmetro da ponta grossa (cm)

L x 0,5 = comprimento do centro à ponta grossa da tora (cm)

A equação 14 foi utilizada quando o diâmetro central foi menor que o diâmetro da ponta fina, o que influenciou todo o comprimento da tora.

$$AB_{D_{\text{menor}}} (\%) = \frac{D_{\text{maior}} - D_{\text{menor}}}{L} \cdot 100 \quad (14)$$

em que:

$AB_{D_{\text{menor}}}$ = diâmetro central menor que o diâmetro da ponta fina (%)

D_{maior} = diâmetro da ponta fina (cm)

D_{menor} = diâmetro central (cm)

L = comprimento da tora (cm)

4.5 Simulação no MaxiTora[®]

Para a representação dos modelos executados nas linhas estudadas e comparação com os modelos de corte proposto pelo programa considerou-se apenas as espessuras e as larguras, uma vez que o programa utilizado era bidimensional. Foi considerado o valor nominal para a espessura uma vez que esta não permitia variação e consideraram-se as variações encontradas na largura das peças, decorrentes das variações e oscilações dos equipamentos que compunham as linhas estudadas ou por terem sido refiladas. Foi inserido o diâmetro da ponta grossa para simular os modelos executados em campo. Adotou-se esse procedimento para contemplar as peças que apresentavam comprimentos diferentes, característica inerente a toras cônicas ou que apresentaram erro de posicionamento no desdobro.

Quanto à largura das peças, o valor inserido na tela de cadastro do programa considerou a retirada dos esmoados, o que reduzia a largura das peças serradas em relação aos valores nominais, ou seja, se a dimensão nominal definida pela empresa foi de 41x138 mm (espessura e largura), com a necessidade de refilo a dimensão reduziu para 100 mm de largura, por exemplo, sendo cadastrado o valor 41x100 mm e não a dimensão padronizada. É importante ressaltar que os valores de espessura não sofreram alteração, porém foi desconsiderado as variações da serra decorrentes no momento do desdobro e utilizou-se os valores nominais.. Neste caso de a espessura serrada foi de 43 mm, cadastrou-se como sendo de 41 mm.

4.6 Análise Estatística

Para o ajuste dos modelos, para a obtenção dos coeficientes de regressão, das estatísticas de comparação e análise de resíduos foi utilizada a rotina do programa *Statgraphics Centurion*. Utilizou-se o método stepwise, o qual consiste em eliminar todas as variáveis que não atingem o grau de significância determinado para o teste. Organizou-se as informações obtidas e foram realizadas as análises estatísticas. Para o teste de média foi utilizado o teste HSD de Tuckey a 95%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Desdobro das classes de diâmetros 1 e 2 na linha de desdobro 1

Nesta linha foram desdobradas 28 toras com diâmetros que variaram de 12,00 cm a 23,94 cm na ponta fina para as classes de diâmetros estudadas. Observa-se que o maior valor de diâmetro encontrado foi superior ao maior valor da classe de diâmetro 2 da linha, este fato caracteriza erro na classificação de toras.

Utilizou-se na linha 1 as mesmas dimensões para as duas classes de diâmetros, o que não permitiu um estudo diferente para as classes, pois as toras foram serradas aleatoriamente independentes da classe em que estavam inseridas. Ressalta-se que foi avaliada normalmente a produção na indústria buscando identificar os fatores que impossibilitaram a reprodução dos modelos propostos pelo programa. As 28 toras foram mensuradas e serradas em ordem crescente de numeração, 1 a 28, dentro de cada classe diamétrica definida pela empresa. As toras

É importante lembrar que o programa não tem como objetivo repetir o desdobro executado na serraria, e sim propor os melhores modelos dentro das características da indústria, os diâmetros serrados e os produtos de interesse da empresa. A simulação no programa dos modelos executados serve apenas para mostrar como foi o processamento da madeira e quais os fatores afetaram a reprodução dos modelos propostos.

As toras desdobradas nestas classes de diâmetro apresentaram, comparando os modelos executados na serraria com os modelos propostos pelo MaxiTora®, diferenças causadas por fatores inerentes a matéria-prima, a equipamentos, a erros operacionais e a logística do programa. Os rendimentos comparados foram baseados no princípio bidimensional, em que se procurou comparar os rendimentos dos modelos propostos com os rendimentos dos modelos executados na serraria, ou seja, não se considerou o comprimento das toras e das peças. Este procedimento foi adotado para mostrar a importância de se seguir os modelos propostos e manter as peças padronizadas.

O Modelo 2 proposto pelo programa para toras que apresentaram diâmetros de 123 mm a 148 mm, cujo rendimento variou de 47,13% a 32,55% respectivamente. Essa redução mostra que a diferença entre os diâmetros mínimo e máximo, 25 mm, gerou uma grande variação nos rendimentos (14,58 pontos percentuais) para um mesmo modelo de corte, haja vista que, tanto para o menor quanto o maior diâmetro o programa propôs as mesmas peças (FIGURA 21).

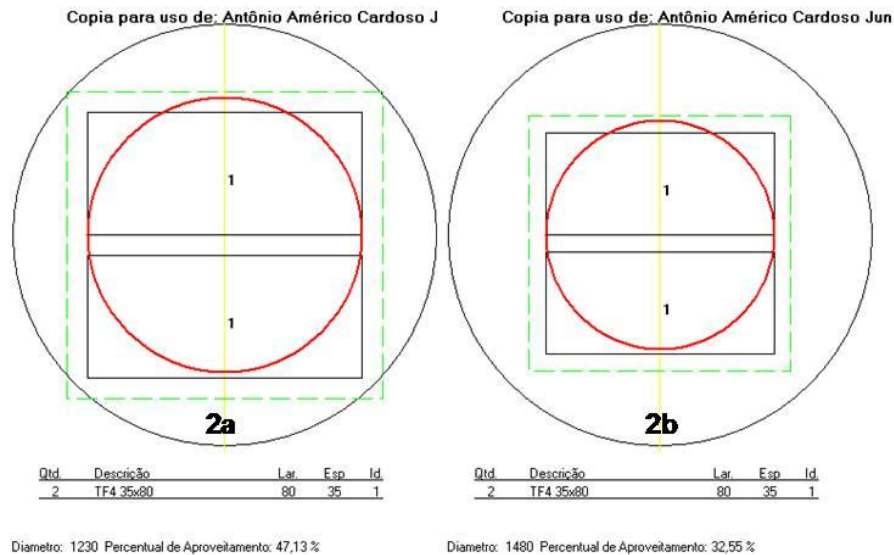


FIGURA 21 - MODELO 2 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 123 MM E 148 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (2A) E MÍNIMO (2B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 1
 FONTE: MAXITORA®, 2008

No modelo 2 foram desdobradas três toras (6, 8 e 9) com conicidades de 0,30%; 0,52% e 0,83%, respectivamente, Tabela 6, sendo as toras 8 e 9 com maior conicidade, o que explica os refilos apresentados nas peças serradas.

TABELA 6 - VALORES DOS DIÂMETROS, DA CONICIDADE E DO ABAULAMENTO DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 2 PROPOSTO PARA A LINHA 1

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
6	133	140	0,30	0,00
8	120	132	0,52	0,00
9	121	139	0,83	0,00

FONTE: O autor (2008)

Os modelos executados na serraria, em que as toras foram desdobradas de forma inadequada em relação ao modelo 2 proposto pelo programa, pois o erro de posicionamento da tora na serra fita dupla que realiza o primeiro corte na tora, o que resultou em um rendimento real inferior aos rendimentos estimados pelo programa. Os refilos nas peças retiradas da costaneira reduziram a sua largura nas toras 8 e 9, com dimensões finais nas peças da costaneira de 25x60 mm e 25x70 mm e não 25x80 mm retirada na tora 6 e de interesse da empresa. Observa-se que o rendimento da tora 6 (32,74%) ficou dentro da variação dos rendimentos para este modelo, entretanto, se o desdobro ocorresse simetricamente, o rendimento seria maior. Os rendimentos das toras 8 (31,37%) e da tora 9 (31,16%) ficaram abaixo dos rendimentos estimados pelo programa, indicando que os modelos propostos são mais adequados e com maior rendimento. Observa-se neste caso que também a padronização das peças foi importante para um melhor resultado, como mostra a tora 6, o que é um fator de qualidade (FIGURA 22).

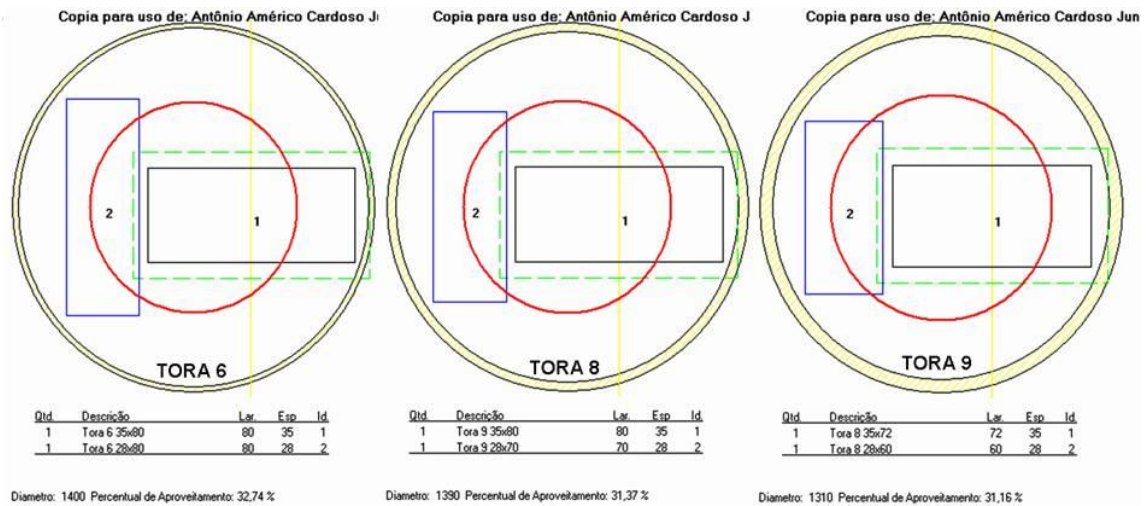


FIGURA 22 - MODELOS EXECUTADOS NA SERRARIA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS.

FONTE: MAXITORA®, 2008

O modelo 3 proposto pelo programa, com diâmetros variando de 149 mm a 156 mm e rendimentos de 41,86% a 45,88%, com dimensões no semibloco de 35x80 mm e nas costaneira de 15x80 mm. Observa-se que a variação do rendimento, considerando os diâmetros máximo e mínimo para a aplicação do modelo proposto, foi baixa e permite ao operador de serra ter uma tomada de decisão mais adequada e com uma menor possibilidade de erro no momento do desdobro da tora (FIGURA 23).

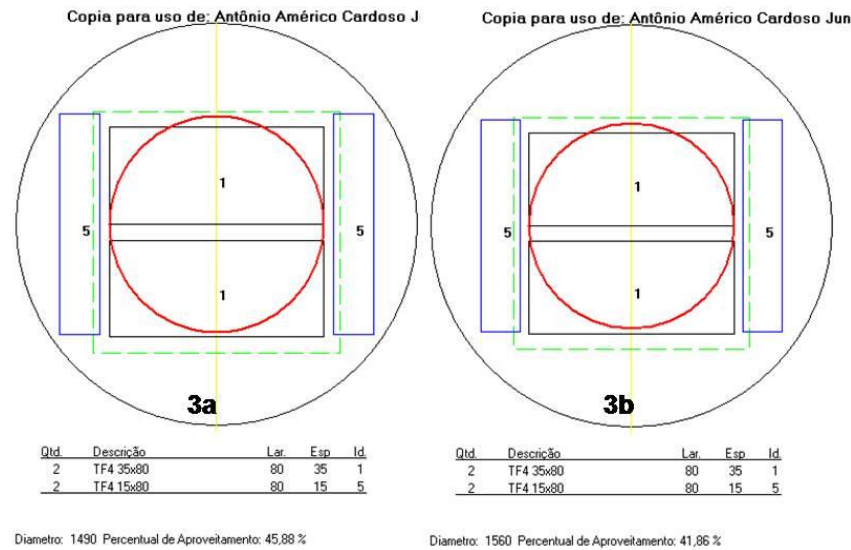


FIGURA 23 - MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 149 MM E 156 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (3A) E MÍNIMO (3B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 1
 FONTE: MAXITORA®, 2008

A Tabela 7 apresenta os valores dos defeitos apresentados pelas toras desdobradas e os diâmetros das extremidades. Verifica-se que a tora 4 foi a que apresentou o maior valor de conicidade seguida da tora 27, que são valores baixos, porém associados ao erro de posicionamento da serra influenciam no rendimento e na dimensão final das peças.

TABELA 7 - VALORES DOS DIÂMETROS, DA CONICIDADE E DO ABAULAMENTO DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 3 PROPOSTO PARA A LINHA 1

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
4	146	156	0,48	0,00
21	150	152	0,12	0,01
27	150	156	0,29	0,00

FONTE: O autor (2008)

Os modelos executados pela serraria nas toras 4, 21 e 27 sendo observado os rendimentos inferiores, pois nenhuma das toras seguiu o modelo proposto. Observa-se que para os modelos executados das toras 4 e 21, as peças foram retiradas em apenas uma costaneira, o que mostra o erro de posicionamento

durante o desdobro. Além do erro de posicionamento, para a tora 4 o modelo executado não seguiu o modelo proposto pelo programa devido o seu diâmetro na ponta fina ter sido menor que o diâmetro mínimo definido no modelo. As peças na costaneira deveriam ter dimensões de 15x80 mm, porém após o refilo apresentaram larguras inferiores, 28x54 mm e 15x74 mm. Na tora 27, só foram retiradas duas peças, confirmando que o corte incorreto e a conicidade influenciaram no desdobro (FIGURA 24).

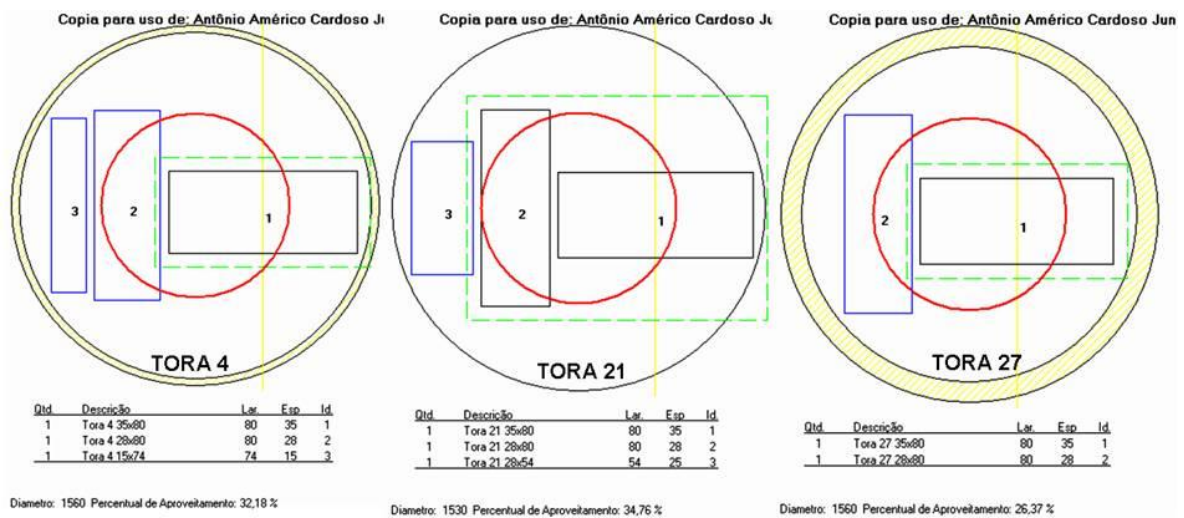


FIGURA 24 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS. FONTE: MAXITORA[®], 2008

Para o modelo 4 proposto para as toras com diâmetros que variaram de 157 a 167 mm com um rendimento que variou de 55,79% (4a) a 49,31% (4b), variação maior que a apresentada pelo modelo 3. As dimensões padrão neste modelo foram de 35x80 mm no semibloco e 15x80 mm nas costaneiras sendo as toras desdobradas com diâmetros que estavam dentro da amplitude definida pelo modelo proposto (FIGURA 25).

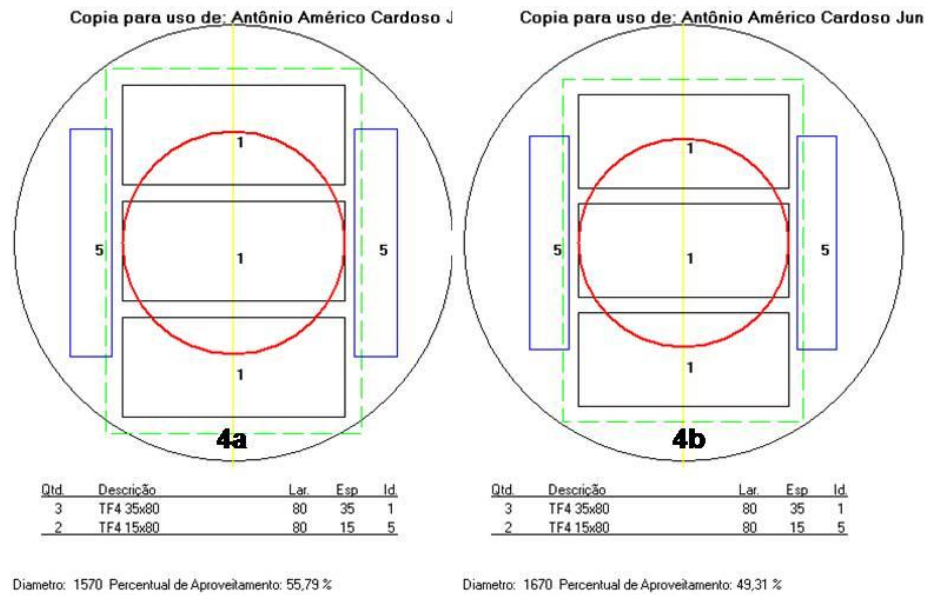


FIGURA 25 - MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS DE 157 MM E 167 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (4A) E MÍNIMO (4B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 1
 FONTE: MAXITORA®, 2008

A Tabela 8 apresenta os valores dos defeitos e dos diâmetros das seis toras que atendem as exigências do modelo 4, sendo a tora 13 a que apresentou o maior valor de conicidade (0,75%). Os valores de conicidade influenciaram na reprodução do modelo proposto quando somados ao erro de posicionamento das toras no momento da entrada na serra. A tora 29 foi a que apresentou o menor valor de conicidade. Conforme nos modelos anteriores, ao considerarmos os diâmetros mínimos a reprodução dos modelos na serraria não seria possível. É importante lembrar que o programa não tem como objetivo repetir o desdobro executado na serraria, e sim propor os melhores modelos dentro das características da indústria, os diâmetros serrados e os produtos de interesse da empresa.

TABELA 8 - VALORES DOS DIÂMETROS, DA CONICIDADE E DO ABAULAMENTO DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 4 PROPOSTO PARA A LINHA 1

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
10	144	159	0,70	0,00
13	145	161	0,75	0,00
14	146	158	0,55	0,00
16	148	164	0,71	0,00
20	148	162	0,64	0,00
29	153	164	0,46	0,00

FONTE: O autor (2008)

Para as toras desdobradas de acordo com as exigências de dimensões do modelo 4 verifica-se que a tora 29 foi a que reproduziu o modelo proposto, porém, devido ao refilo apresentado nas peças das costaneiras que tiveram sua largura reduzida de 80 mm para 65 mm, o rendimento ficou abaixo do rendimento mínimo esperado. Entretanto, o rendimento foi superior aos rendimentos das demais toras desdobradas, o que ressalta a importância do posicionamento correto da tora na serra (FIGURA 26).

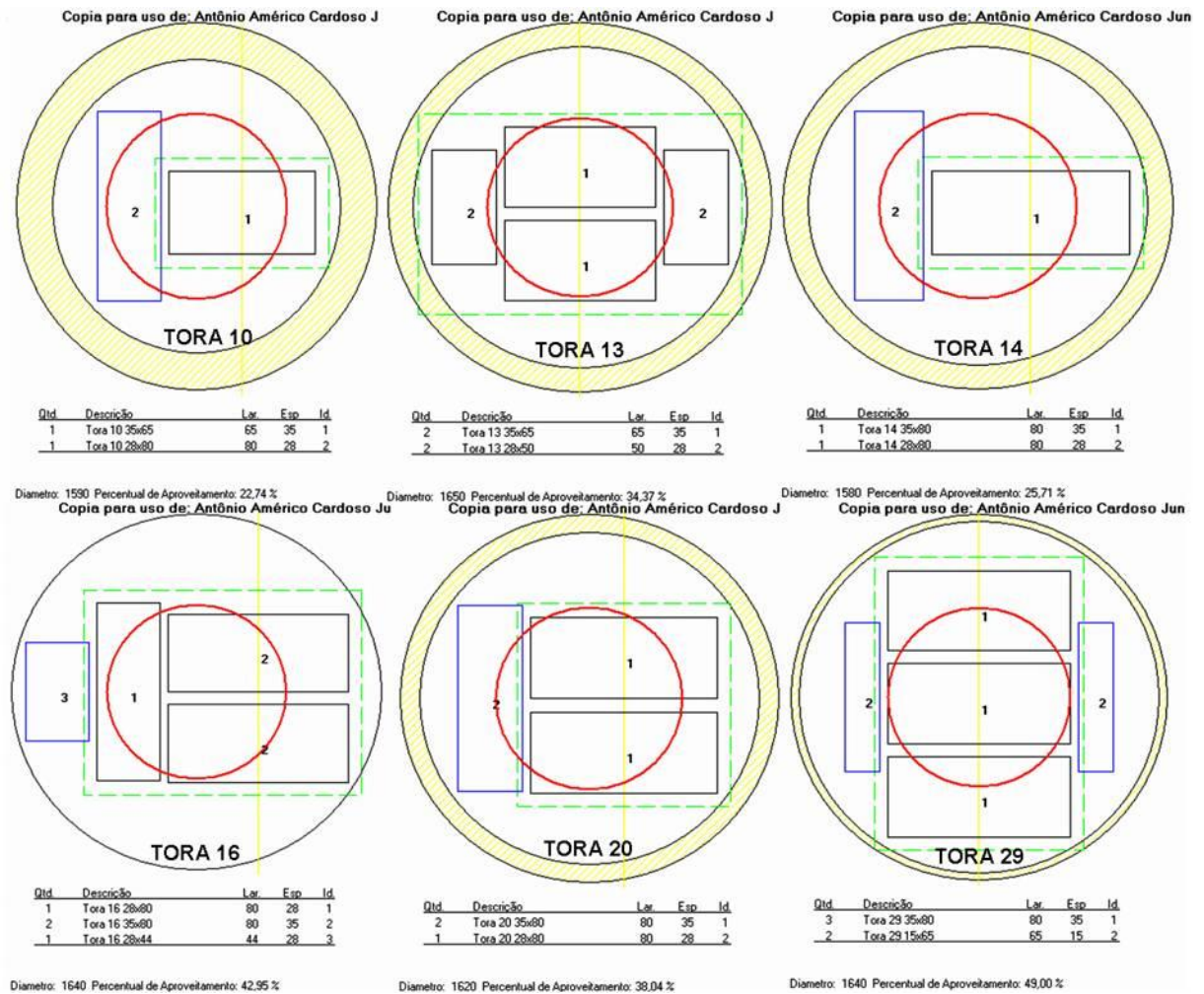


FIGURA 26 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

O refile apresentado nas peças 15x80 mm, provavelmente ocorreu em função da conicidade e defeitos da superfície rolante como depressões e anéis nodosos, em que estes dois últimos não foram mensurados neste trabalho. As toras 14, 16 e 20 apresentaram um erro de posicionamento no desdobro que afetou a reprodução do modelo proposto. As toras 10 e 13 foram assimetricamente desdobradas, o que não permitiu o aproveitamento das duas costaneiras com refilos nas peças do semibloco como e na peças retirada da costaneira da tora 13.

Excetuando-se a tora 29, todas as demais apresentaram peças retiradas nas costaneiras com espessura de 28 mm, diferente da espessura padronizada que foi de 15 mm, indicando um erro de tomada de decisão do operador associado a falta

de conhecimento da matéria-prima, falta de treinamento além das possibilidades de modelos possíveis de serem realizados.

A Tabela 9 apresenta as 11 toras desdobras, cujo modelos executados deveria seguir o modelo 6 proposto. Observa-se também neste caso que os diâmetros da ponta fina das toras 18, 23, 24 e 26 foram inferiores ao diâmetro mínimo necessário para a reprodução deste modelo pelo modelo. O maior valor de conicidade foi da tora 25 e o maior valor de abaulamento foi encontrado na tora 2.

TABELA 9 - VALORES DOS DIÂMETROS, DA CONICIDADE E DO ABAULAMENTO DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 6 PROPOSTO PARA A LINHA

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
2	166	170	0,22	0,59
3	160	170	0,46	0,00
7	167	187	0,92	0,01
11	164	171	0,31	0,15
18	177	183	0,28	0,00
22	165	171	0,22	0,00
23	177	184	0,30	0,00
24	174	178	0,16	0,29
25	150	176	1,19	0,00
26	173	188	0,71	0,00
28	163	171	0,38	0,00

FONTE: O autor (2008)

Considerando-se o modelo 6 observa-se que as toras 2, 18, 22 e 25 foram desdobradas de forma incorreta na serraria, o que não possibilitou a retirada de três peças no semibloco, entretanto, excetuando-se as toras 2 e 24, que a entrada incorreta associada aos defeitos da forma não permitiram a retirada de duas peças no semibloco, nas demais toras foram obtidas as duas peças de uma mesma costaneira com as dimensões de interesse da empresa. A tora 26 apresentou os mesmos problemas que as demais toras, sendo uma peça retirada na costaneira com 28x35 mm, fora do padrão desejado. A tora 28 não apresentou um erro na dimensão nas peças da costaneira, mas sim em uma peça no semibloco, a qual apresentou uma dimensão de 35x65 mm

A não retirada da terceira peça no semibloco resultou em um menor rendimento de madeira serrada para as toras em questão. As toras 3 e 11 não apresentaram um erro tão acentuado no desdobro como as toras anteriormente citadas, pois as duas costaneiras foram aproveitadas. Ressalta-se que o desdobro incorreto resultou a peça 15x60 mm retirada na tora 3 em que a largura e a espessura estavam fora das dimensões propostas pelo modelo e, na tora 11, as duas peças aproveitadas na costaneira apresentaram dimensões fora dos padrões desejados.

A tora 23 foi a que apresentou o modelo executado na serraria mais próximo do modelo proposto pelo programa e um rendimento dentro da variação do modelo, porém com um refilo em uma peça na costaneira que apresentou largura final de 63 mm. Tal fato mostra que o modelo proposto foi a melhor opção de corte para as características das toras em relação aos produtos desejados.

A tora 7 mostra um erro na tomada de decisão do operados, pois o modelo proposto não considera peças com espessura de 15 mm, conforme foi retirado no modelo executado nesta tora. Este procedimento inadequado resultou em um menor rendimento, pois foi retirado um número menor de peças no semibloco, duas peças de 35x80 mm e não três, uma peça com 28x60 mm e não duas e duas peças de 15x65 mm, que não deveriam ser retiradas e ainda apresentou uma largura inferior ao que é desejado pela empresa que seria de 80 mm (FIGURA 27).

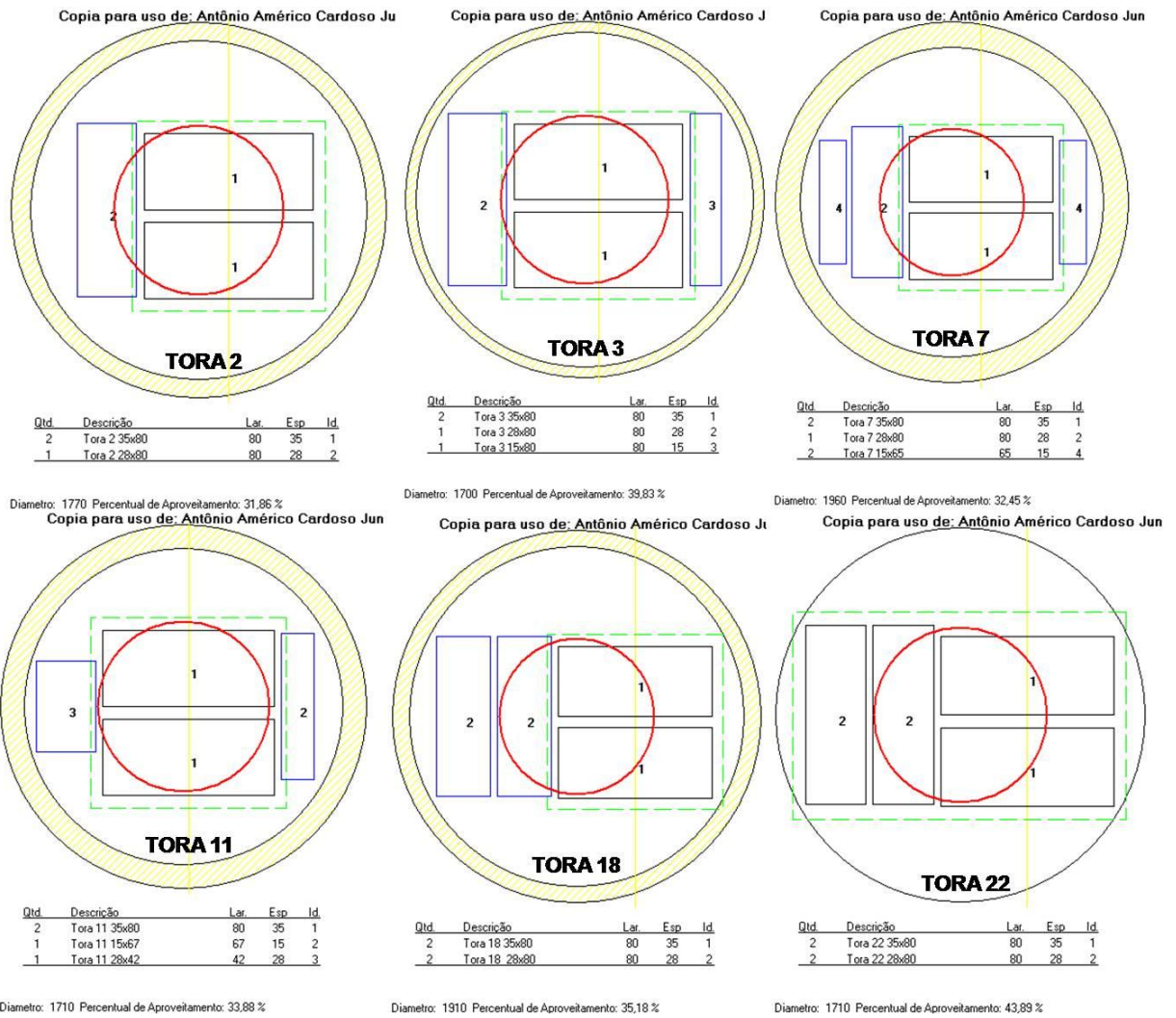


FIGURA 27 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 6 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS. (CONTINUA)
FONTE: MAXITORA®, 2008

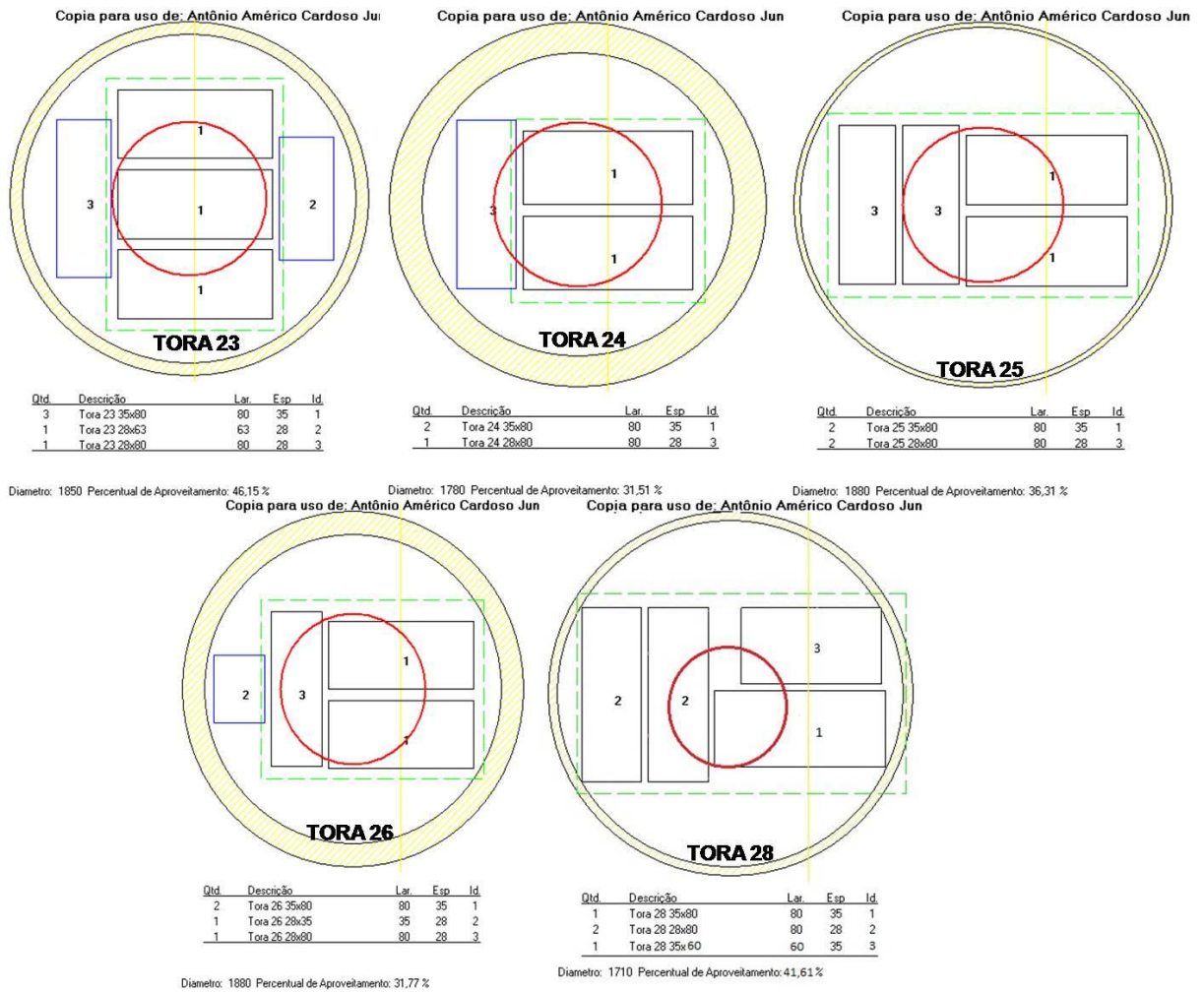


FIGURA 27 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 6 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS. (CONCLUSÃO)
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Este último modelo da linha 1, foi proposto para as toras do limite superior da classe de diâmetro 2 estudada. Entretanto, seu diâmetro máximo de utilização (201 cm) ficou acima do limite superior que foi de 195 mm, e como a tora 12 apresentou um diâmetro da ponta grossa com 200 mm, dentro do valor máximo de diâmetro definido pelo modelo 7 (201 mm), justificou-se o uso da ponta grossa na simulação dos modelos encontrados na serraria (FIGURA 28).

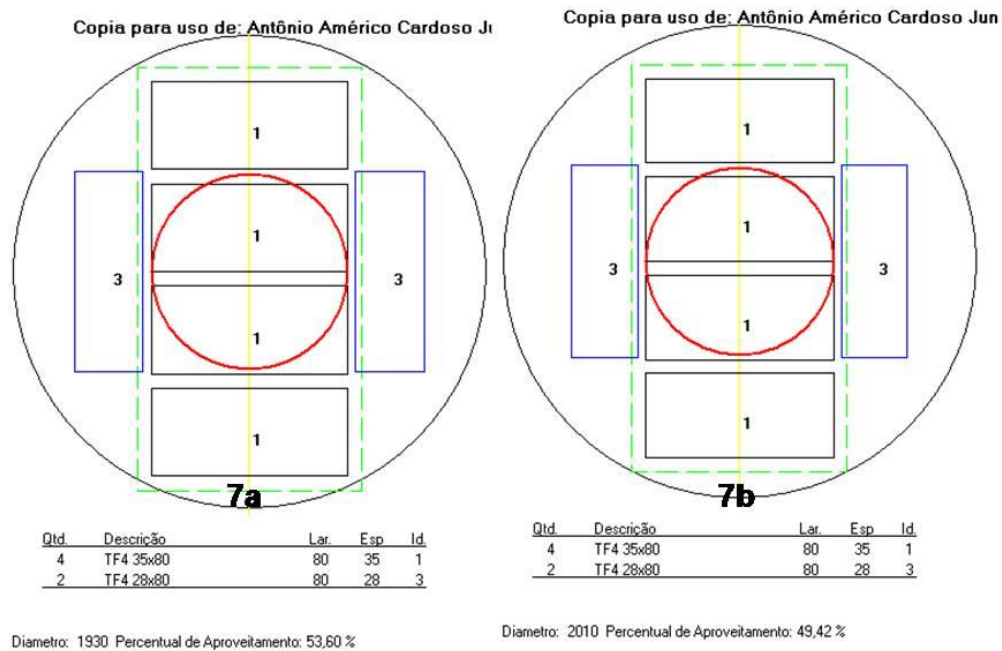


FIGURA 28 - MODELO 7 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 193 MM E 201 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (3A) E MÍNIMO (3B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 1
 FONTE: MAXITORA®, 2008

A Tabela 10 apresenta os valores de diâmetro, conicidade e abaulamento das toras possuem as características exigidas pelo modelo 7. Foram desdobradas quatro toras, entretanto as toras 15 e 17 que apresentaram diâmetros dentro do proposto pelo modelo não foram aproveitadas, sendo encaminhadas ao picador. A tora 30 apresentou um valor elevado de conicidade (1,20%) em comparação com a tora 12 apresentou um valor mais baixo de conicidade, porém um abaulamento de 0,17. Assim como nas situações anteriores, o diâmetro máximo das toras ficou dentro da amplitude determinada pelo modelo proposto.

TABELA 10 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 7 PROPOSTO PARA A LINHA

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
1	239	256	0,78	0,10
5	211	239	1,28	0,00
12	195	200	0,25	0,17
19	191	216	1,19	0,00
30	172	198	1,20	0,00

FONTE: O autor (2008)

O modelo executado na tora 12 não seguiu o modelo proposto, em função erro de posicionamento de corte associado à conicidade e ao abaulamento. A tora 30 também apresentou um erro de posicionamento além de uma alta conicidade, não reproduzindo o modelo proposto como a tora anterior. O rendimento dos modelos executados foi menor que os rendimentos propostos pelo programa, o que mostra a eficiência na determinação dos modelos de corte propostos em função dos produtos desejados e do diâmetro das toras serradas (FIGURA 29).

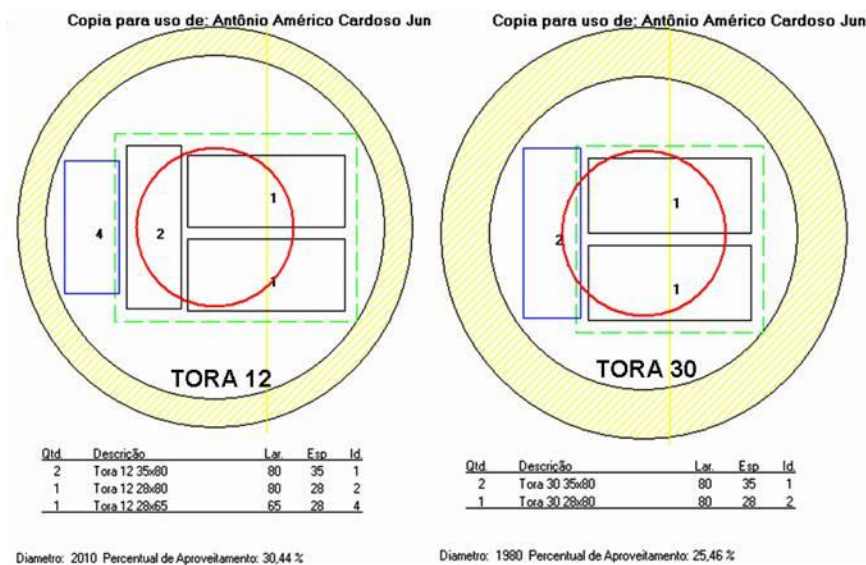


FIGURA 29 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 7 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

As toras 1 e 5 apresentaram diâmetros superiores aos da classe 2 serrada na linha 1. Neste caso houve um erro na classificação das toras no momento da separação por classes. Diante do exposto a não reprodução dos modelos propostos para estas toras foi esperado, assim como para a tora 19 que apresentou o diâmetro de ponta fina com 191 cm e diâmetro de ponta grossa com 216 cm. Como o seu diâmetro ultrapassou o diâmetro máximo de 201 mm, explica-se a não reprodução do modelo proposto. Desta forma, o erro na classificação das toras foi uma das anormalidades observadas (FIGURA 30).

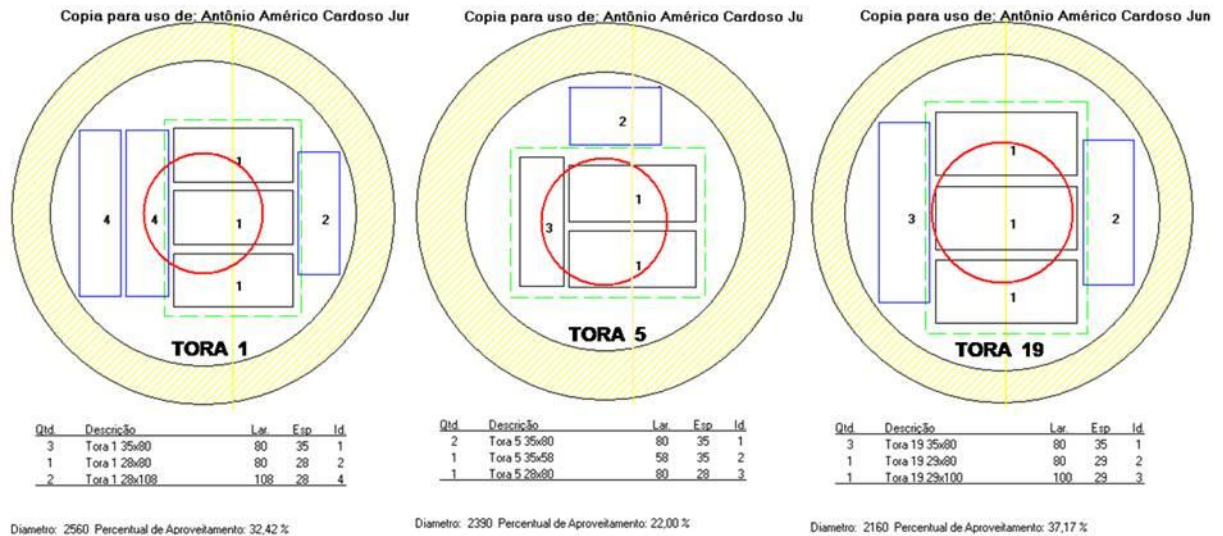


FIGURA 30 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 7 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RESPECTIVOS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Os fatores que contribuíram para as alterações nos modelos desdobrados podem ser reduzidos ou mesmo eliminados do processo, melhorando os resultados relacionados aos rendimentos de madeira serrada assim como na reprodução dos modelos propostos, pois como a variação dos modelos será menor o erro de decisão do operador relacionado a definição de dimensão será reduzido. A porcentagem média de defeito das toras deverá ser considerada ao simular os modelos para as classes de diâmetros sugeridas, eliminando assim a possibilidade de um modelo permitir a retirada de um número maior de peças que possa ser inviável na serraria decorrente dos defeitos apresentados.

Ressalta-se que os modelos foram adequados para o “*layout*” estudado e forneceram maiores valores de rendimentos, o que pôde ser observado nos resultados, pois as toras que foram desdobradas mais próximas dos modelos propostos pelo programa apresentaram rendimentos maiores e as peças estavam, na sua maioria, coerentes com as dimensões padrões da empresa.

5.2 Desdobro das classes de diâmetros 1 e 2 na linha de desdobro 2

5.2.1 Comparativo entre os modelos propostos e os modelos executados para a classe de diâmetro 1 (19,51 a 23,50 cm) da linha 2

Para essa classe foram desdobradas 26 toras, e gerados 11 modelos, sendo os modelos 9, 10 e 11 não realizados por não poderem ser adaptados ao “*layout*” da indústria e substituídos por modelos mais adequados ao “*layout*” estudado. Os modelos 1 e 6 não foram utilizados por não ter haver toras com diâmetro necessário para o desdobro.

Para o modelo de corte 2 as toras devem apresentar diâmetros de 204 a 208 mm são . Este modelo, por apresentar uma variação pequena de diâmetros, foi utilizado para desdobro de apenas uma tora. As dimensões padrão neste modelo foram de 35x108 mm no semibloco e de 28x80 mm nas costaneiras (FIGURA 31).

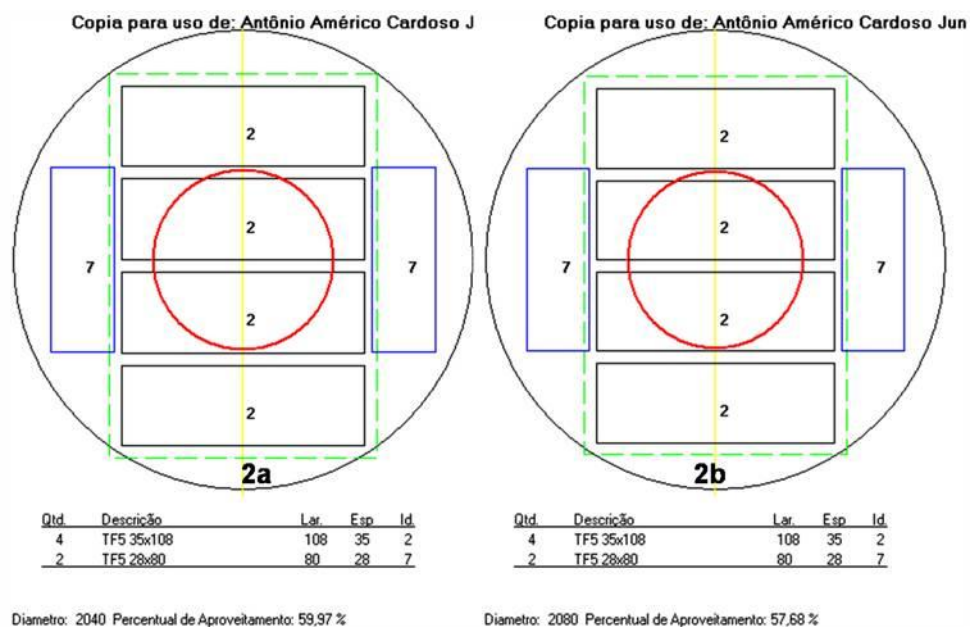


FIGURA 31 - MODELO 2 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS DE 204 MM A 208 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (2A) E MÍNIMO (2B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2

FONTE: MAXITORA®, 2008

A tora 70, com diâmetro de 207 mm, foi a que apresentou as características de acordo com o modelo proposto. O valor da conicidade foi de 0,52%, que afetou a reprodução do modelo proposto. A tora foi desdobrada de forma correta, ou seja, não houve desvio no desdobro, permitindo o aproveitamento das costaneiras obtendo produtos com as dimensões desejadas. Entretanto, nas peças retiradas no semibloco, observa-se que houve a necessidade de refilo em função da conicidade apresentada. Neste caso, se os modelos considerassem uma porcentagem média de defeitos, nas toras que compõem as classes diamétricas da empresa, outro modelo seria proposto, entretanto a presença de refilo não seria constatada no desdobro da tora na serraria (FIGURA 32).

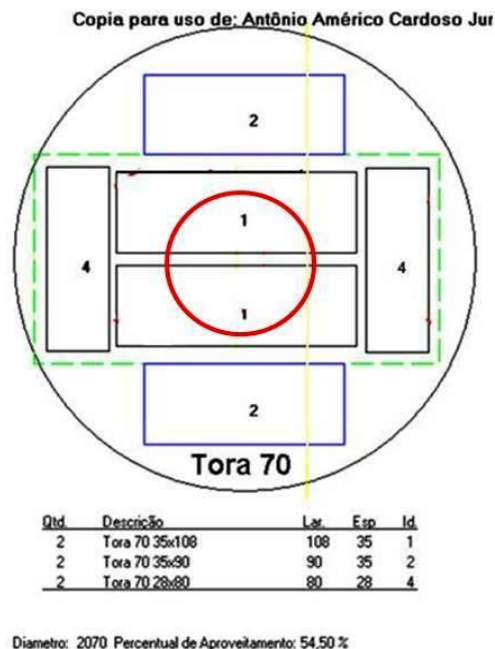


FIGURA 32 - TORA DESDOBRADA DE ACORDO COM O MODELO 2 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEU RENDIMENTO
 FONTE: MAXITORA®, 2008

O modelo 3 foi proposto para as toras com diâmetros que variaram de 209 a 223 mm e rendimentos de 61,70% a 54,20%, respectivamente, em que foram desdobradas cinco toras e retiradas quatro peças com dimensões de 35x108 mm no semibloco e duas peças nas costaneiras de 28x108 mm (FIGURA 33).

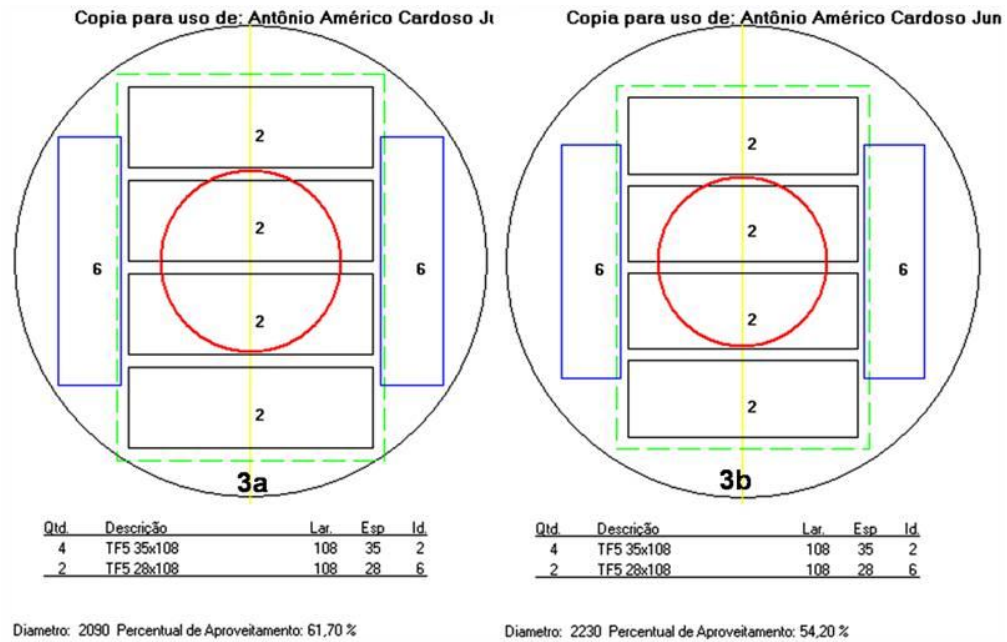


FIGURA 33 - MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 209 MM E 223 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (3A) E MÍNIMO (3B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2
 FONTE: MAXITORA®, 2008

As cinco toras desdobradas pelo modelo 3 estão apresentadas na Tabela 11, em que verifica-se os valores de defeitos na forma, além das dimensões das toras, sendo o maior valor de conicidade para a tora 45 (0,96%) e de abaulamento para a tora 41 (0,32%).

TABELA 11 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 3 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
38	200	209	0,39	0,12
40	204	212	0,34	0,00
41	207	216	0,42	0,32
44	197	212	0,67	0,00
45	198	219	0,96	0,00
51	211	217	0,25	0,00

FONTE: O autor (2008)

De acordo com os modelos executados na serraria observa-se que somente na tora 38 não foram retiradas quatro peças no semibloco, devido a conicidade (0,39%) e abaulamento (0,12%), que mesmo com valores relativamente baixos reduziram a largura das peças da costaneira ao associar-se com a entrada incorreta da tora na serra circular múltipla, responsável pela resserra do semibloco. Entretanto a peça não retirada no semibloco foi decorrente do desdobro incorreto na serra circular, o que levou ao seu descarte. As toras 41, 44 e 45 apresentaram refilo em uma peça do semibloco, devido a entrada incorreta na serra de fita e na serra circular. Ainda com relação a tora 45, as peças com dimensões 28x108 mm e 28x80 mm indicam que o modelo sofreu um erro relacionado ao posicionamento da tora na serra, porém inferior ao erro apresentado nas toras 41 e 44 que só aproveitaram uma costaneira.

A tora 40 foi a que mais se aproximou dos rendimentos estimados pelo modelo 3, o que mostrou que o modelo proposto pelo programa foi o mais adequado para as características estudadas. O refilo nas peças foi devido à presença de esmoado decorrente de defeitos na superfície rolante da tora como pequenas depressões e acentuado número de orifícios provocados por nós mortos e resíduos de galhos que se soltam devido a queda. Observa-se o erro de posicionamento ocorreu nas duas serras principais no desdobro da tora 51 que associado a conicidade de 0,25%, inviabilizou a reprodução do modelo, gerando um rendimento de 35,20%, afetando a qualidade das peças com relação à falta de padrão (FIGURA 34).

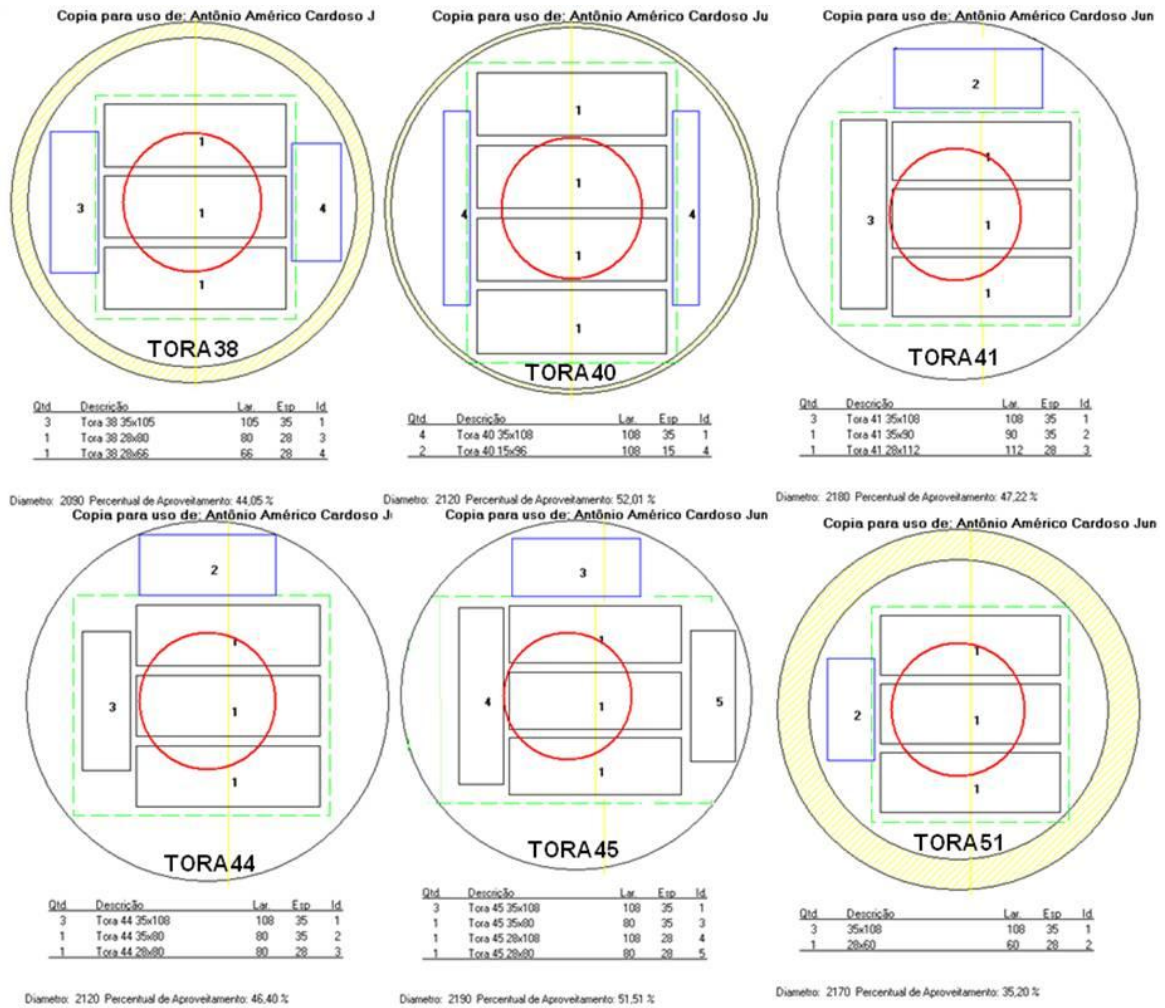


FIGURA 34 - TORAS DESDOBRADA DE ACORDO COM O MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Foram cinco toras, cujas peças deveriam ser retiradas seguindo o modelo 4, proposto pelo programa como o de melhor rendimento considerando as dimensões desejadas. O modelo 4 propôs retirar peças com dimensões de 35x108 mm no semibloco e 28x133 mm nas costaneiras, gerando um rendimento de 57,27% e 56,26% respectivamente. Observa-se que a variação de diâmetro foi pequena de 224 mm a 226 mm de diâmetros o que explica a baixa variação nos rendimentos apresentados (FIGURA 35).

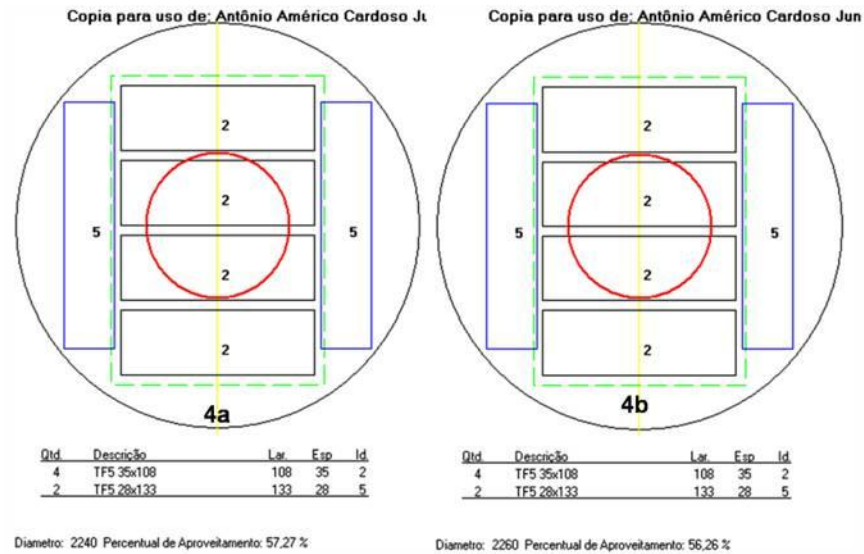


FIGURA 35 - MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 224 MM E 226 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (4A) E MÍNIMO (4B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2
 FONTE: MAXITORA®, 2008

A Tabela 12 apresenta os valores dos diâmetros e de defeitos considerados nas toras desdobradas. Maiores valores de conicidade ocorreram nas toras 46, 64 e 66 com valores de 1,04%, 1,33% e 1,49%, respectivamente, e a tora 36 o maior valor de abaulamento (1,45%).

TABELA 12 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 4 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
36	21,87	22,50	0,29	0,09
39	21,65	22,60	0,44	1,45
46	20,31	22,60	1,04	0,00
64	19,58	22,47	1,33	0,00
66	19,26	22,50	1,49	0,00

FONTE: O autor (2008)

Pode-se observar os modelos de corte executados na serraria. Com relação às peças do semibloco, excetuando-se a tora 36, todas as demais geraram quatro peças de acordo com o modelo proposto pelo programa. As cinco peças retiradas na tora 36 foram possíveis em razão dos valores baixos de defeitos encontrados e pelo

posicionamento correto do semibloco na segunda serra. Porém as duas peças localizadas nas extremidades do semibloco foram de dimensões diferentes, o que caracteriza erro na tomada de decisão do operador de serra. Com relação às peças localizadas nas costaneiras, verifica-se que o erro de posicionamento de corte na serra fita impossibilitou a retirada de peças com mesmas dimensões.

As toras 39 e 46 apresentaram as quatro peças retiradas no semibloco sem refilo, ao contrário das demais, o que mostra que estas foram corretamente posicionadas na serra circular múltipla. Com relação às peças retiradas na costaneira, verifica-se que na tora 39 a, entrada incorreta na serra fita dupla associada ao abaulamento afetou a retirada das peças dentro da dimensão padrão, definida pela empresa, além de defeitos como nós, perfurações e orifícios, os quais não foram considerados neste trabalho e que podem ter influenciado na reprodução do modelo de corte proposto pelo programa. A tora 46, assim como a 36, obteve um rendimento dentro do proposto pelo programa, conseguido com a retirada de uma peça na costaneira de 15x65 mm, porém da mesma forma com dimensões fora do padrão. As toras 64 e 66, devido aos valores de conicidade, ao erro de posicionamento nas serras e defeitos relacionados à superfície rolante foram as que apresentaram os menores rendimentos (FIGURA 36).

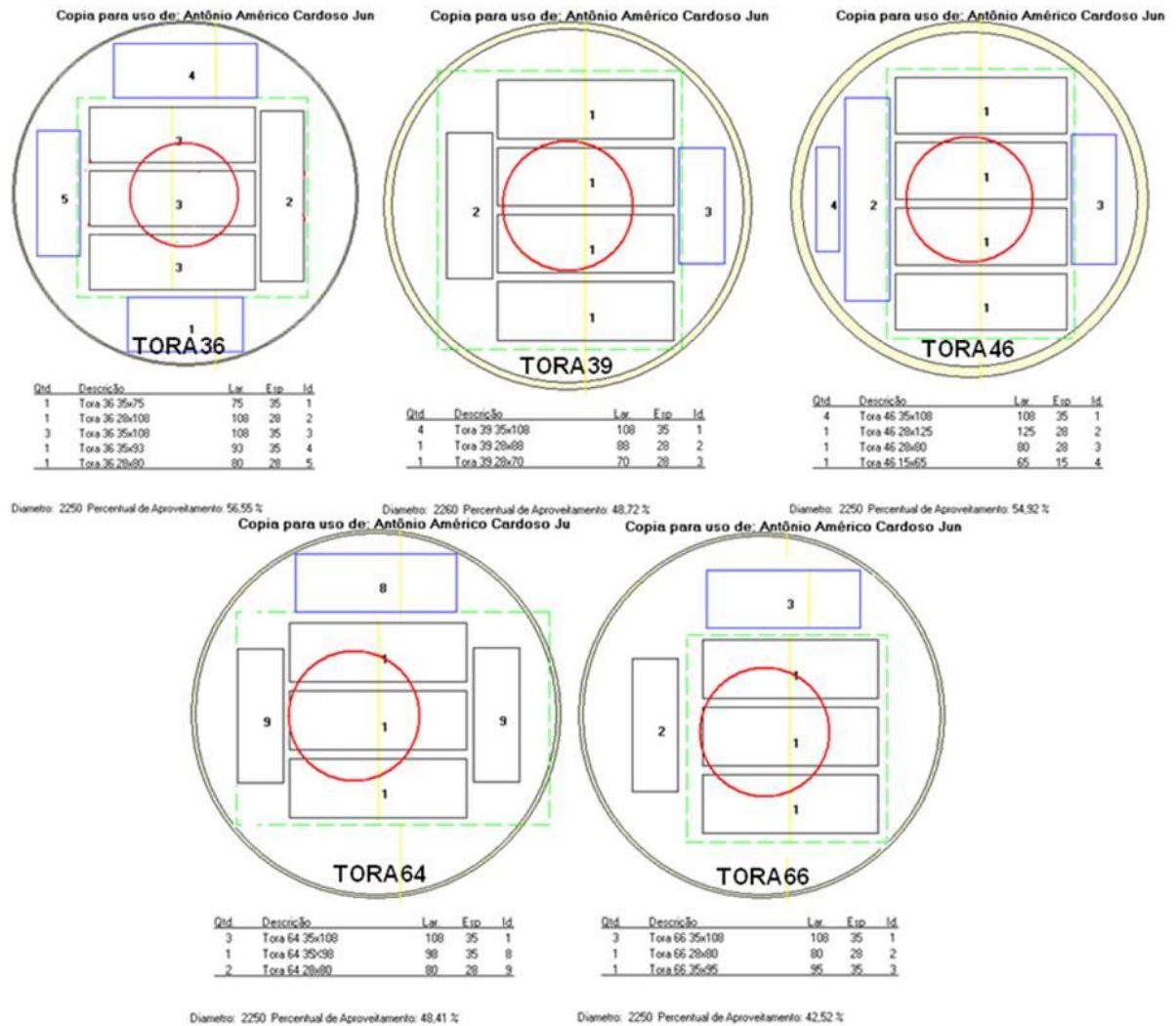


FIGURA 36 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

O modelo 5 foi proposto pelo programa para toras com diâmetros que variaram de 227 a 238 mm e rendimentos de 61,69% e 56,12%. Nota-se que o número de peças localizadas no semibloco foi o mesmo, entretanto as dimensões e as peças possíveis de serem retiradas no semibloco foram diferentes das dimensões do modelo de corte proposto pelo programa, as quais foram de 28x133 mm e 15 x 80 mm (FIGURA 37).

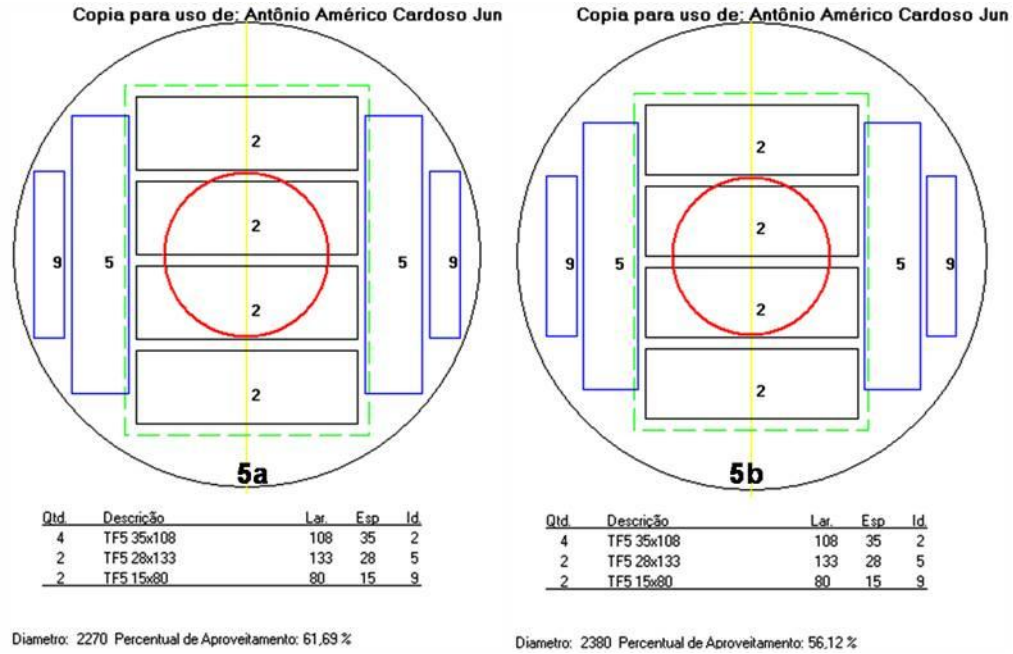


FIGURA 37 - MODELO 5 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS DE 227 MM A 238 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (5A) E MÍNIMO (5B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2
 FONTE: MAXITORA®, 2008

A Tabela 13 apresenta os valores de diâmetros e defeitos das toras que apresentam características de acordo com o modelo 5 proposto pelo programa. Verifica-se que os diâmetros na ponta grossa na simulação, assim como nos casos apresentados, foram mais apropriados com relação ao melhor aproveitamento das toras, uma vez que o uso dos diâmetros na ponta fina não iria permitir a utilização das costaneiras o que reduziria o rendimento. Verifica-se nos resultados apresentados que o maior valor de conicidade foi encontrado para a tora 63 (0,88%) e o menor valor para a tora 69 seguida da tora 65 com 0,34% e 0,38% respectivamente.

TABELA 13 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM E DOS DIÂMETROS DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 5 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
49	218	232	0,67	0,00
63	208	228	0,88	0,03
65	221	229	0,38	0,00
68	214	228	0,65	0,00
69	221	229	0,34	0,00

FONTE: O autor (2008)

As peças propostas para serem retiradas no semibloco foram obtidas em todas as toras com exceção da tora 69 que apresentou refilo em uma das peças. Verifica-se que as toras 49, 65 e 68 foram as que mais se aproximaram do modelo proposto, o que explica o maior rendimento. Entretanto, a tora 63 foi a que apresentou o rendimento mais alto, pois foi retirada uma peça de 28x158 mm, dimensão essa não considerada pelo modelo proposto.

Nos modelos 49, 63, 65 e 66 executados houve um erro de posicionamento da tora na retirada das duas primeiras costaneiras pela serra fita, o que gerou refilo nestas peças ficando com a largura fora do padrão definido pelo modelo proposto. A peça 35x80 mm foi retirada no semibloco, junto com as demais peças de 35x108 mm, sendo refilada pelo erro de posicionamento da tora na serra circular múltipla, responsável pela resserra do semibloco (FIGURA 38).

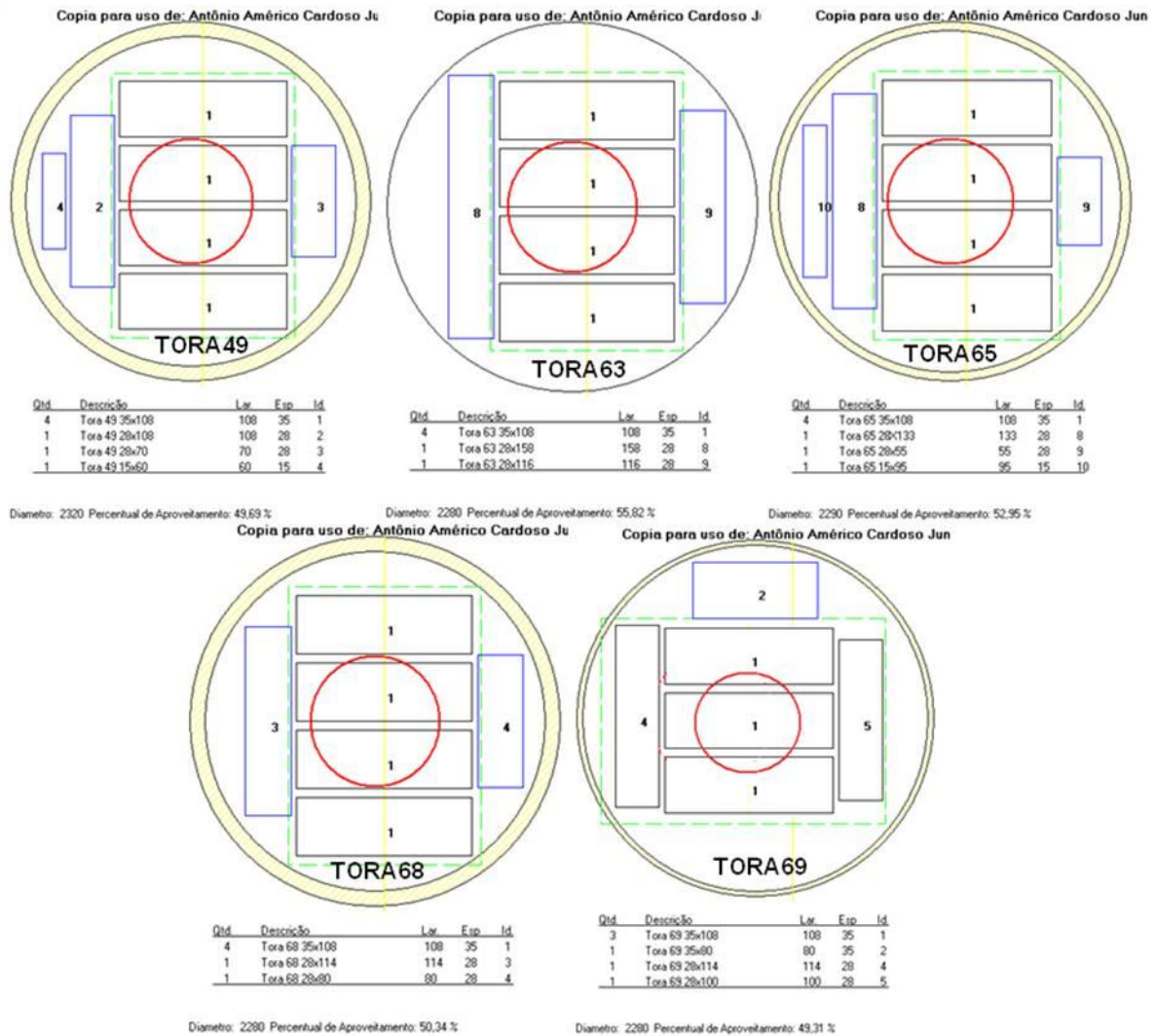


FIGURA 38 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 5 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Foi desdobrada uma tora de acordo com as características exigidas pelo modelo 7, pois somente toras diâmetro de 240 mm poderiam ser serradas, o que o torna restritivo e de pouca utilidade na serraria em estudo. As toras que apresentarem este diâmetro deverão ser desdobradas seguindo este modelo, visando o maior aproveitamento em madeira serrada dentro das dimensões atualmente utilizadas na empresa (FIGURA 39).

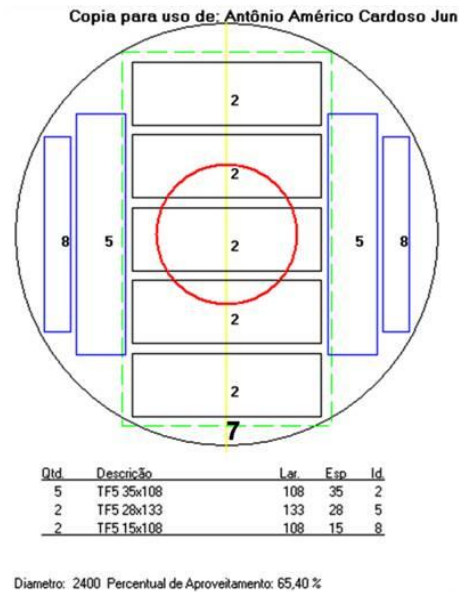


FIGURA 39 - DIÂMETRO UTILIZADO PARA O MODELO 7 PROPOSTO PELO PROGRAMA, COM O RENDIMENTO ESTIMADO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2
 FONTE: MAXITORA®, 2008

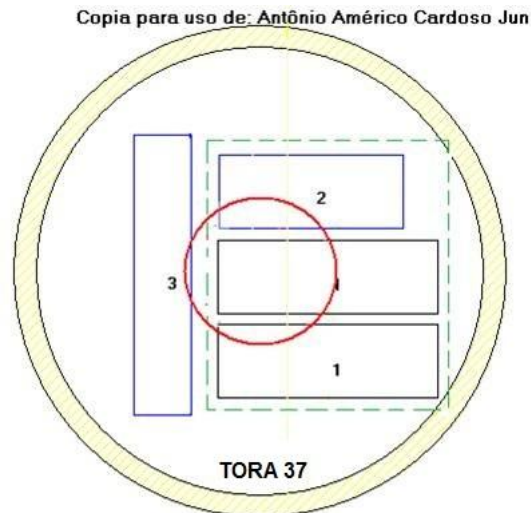
Verifica-se na Tabela 14 o valor de conicidade da tora 37, que foi desdobrada de acordo com o modelo 7 com uma conicidade de 0,77%.

TABELA 14 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM E DOS DIÂMETROS DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 7 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
37	224	240	0,77	0,00

FONTE: O autor (2008)

Observa-se nos modelos executados na serraria que o número de produtos obtidos na tora 37 foi menor que o previsto pelo modelo 7 proposto pelo programa. Neste caso, a falta de orientação da tora na entrada da serra foi o principal problema encontrado, gerando refilo e reduzindo o número de peças do semibloco. Também não houve um correto aproveitamento das costaneiras em função do posicionamento da tora na serra. Neste caso a conicidade pouco influenciou devido ao erro mencionado (FIGURA 40).



Qtd.	Descrição	Lar.	Esp.	Id.
3	35x108	108	35	1
1	35x90	90	35	2
1	28x133	133	28	3

Diâmetro: 2400 Percentual de Aproveitamento: 40,26 %

FIGURA 40 - TORA DESDOBRADA DE ACORDO COM O MODELO 7 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

O modelo 8 proposto pelo programa compreendeu toras com diâmetros de 241 a 245 mm, que pouco influenciou nos rendimentos máximo e mínimo estimados pelo programa. Foram retiradas pelo modelo cinco peças no semibloco, com dimensões de 35x108 mm, e o aproveitamento das costaneiras gerou duas peças com dimensão de 28x158 mm e duas peças com dimensões de 15x108 mm (FIGURA 41).

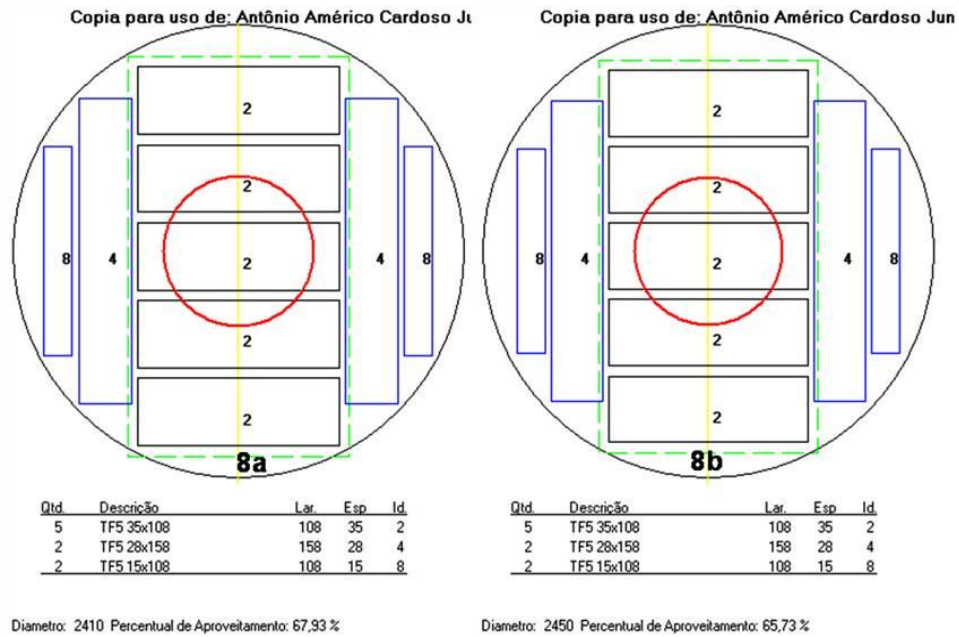


FIGURA 41 - MODELO 8 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 241 MM E 245 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (8A) E MÍNIMO (8B) PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Conforme apresenta a Tabela 15, a tora 48 apresentou uma conicidade acentuada (1,42%) em relação a tora 42 (0,60%). A presença de conicidade associada ao erro de posicionamento da tora impede a reprodução do modelo proposto pelo programa conforme já demonstrado anteriormente.

TABELA 15 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 8 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
42	228	242	0,60	0,00
48	214	245	1,42	0,00

FONTE: O autor (2008)

As duas toras desdobradas de acordo com o modelo 8, sendo os modelos executados na serraria diferentes do proposto pelo programa, mostraram que a não reprodução do modelo influenciou de forma negativa no rendimento das toras. Na tora 42 foram obtidas duas peças localizadas na mesma costaneira e uma peça na

costaneira oposta, diferente do modelo proposto de onde sairiam duas peças com dimensões de 28x158 mm e duas peças com dimensões de 15x108 mm em cada costaneira (FIGURA 42).

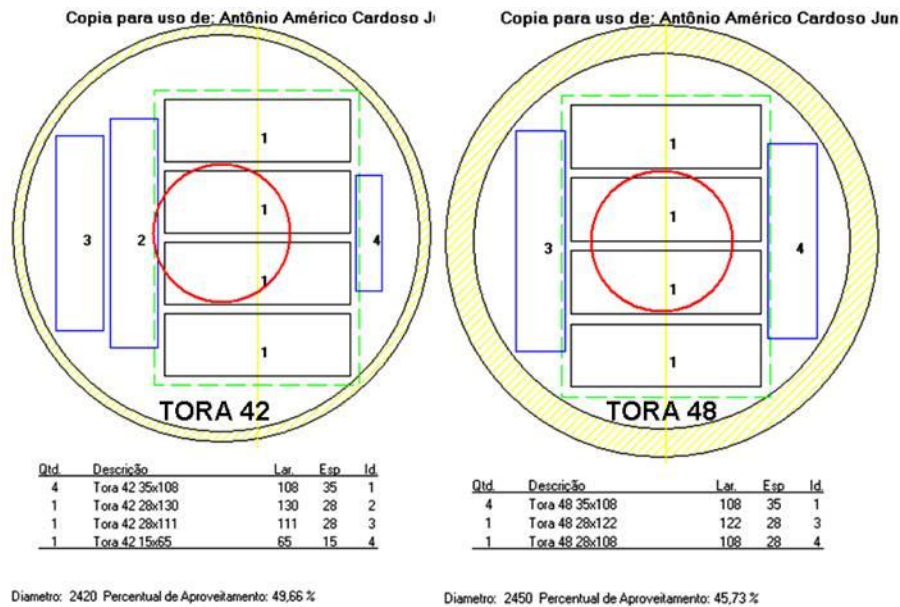


FIGURA 42 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 8 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

A tora 44 sofreu influência do posicionamento de corte, mas o efeito da conicidade foi mais significativo. Nota-se que em nenhuma das toras foram retiradas peças da costaneira com as dimensões padrão da empresa e uma peça no semibloco a menos em ambas as toras estudadas. O modelo da tora 48, executado na serraria, sugere que na simulação dos modelos de corte no programa MAXITORA®, deverá considerar os defeitos que as toras apresentam em especial os defeitos de conicidade, além dos defeitos de achatamento e encurvamento, não considerados neste trabalho.

Em decorrência da impossibilidade de reprodução dos modelos 9, 10 e 11, retiraram-se algumas peças do cadastro para que o programa não as considerasse. É importante ressaltar que estes foram os que apresentaram o maior rendimento considerando todas as possibilidades de combinações com as peças originalmente cadastradas.

Diante desta ressalva, torna-se necessário a realização de um novo estudo com relação as dimensões padrões pertencentes ao cadastro original da empresa, em especial nas toras com diâmetros superiores a 246 mm ou a inserção de outras refiladeiras no “*layout*” para reduzir a largura das peças retiradas na costaneira. Com relação a esta segunda alternativa, deve-se realizar um estudo detalhado, pois normalmente, este equipamento é um gargalo na linha de produção pela sua baixa eficiência. Tal estudo levaria ao cadastro de peças com larguras e espessuras maiores, levando a um maior aproveitamento e aumento do rendimento e o valor agregado desta peça, com nova dimensão cadastrada poderá ser mais alto, não só pela maior dimensão, mas também pela posição de retirada desta peça na tora ou permitirá a indústria reproduzir o modelo proposto pelo programa. Entretanto a partir destes novos modelos a empresa começou a perder madeira na forma de serrados, por não ter se adequadado às necessidades do programa, que dentre outras funções permite realizar planejamentos mais precisos.

O modelo 9, com alteração das peças 28x80 mm por peças de 28x158 mm, tendo essa alteração das peças resultado em um menor rendimento quando comparado aos rendimentos apresentados nos modelos originalmente propostos, conforme mencionado anteriormente. A dimensão 28x158 faz parte do cadastro da empresa, entretanto essa dimensão não estava prevista no momento de realização do trabalho na empresa, pois a demanda naquele momento era outra. Caracteriza-se assim que os operadores de serra, em especial aos das serras existentes nas linhas de aproveitamento, tomavam a decisão equivocada ou foram mal orientados na execução das tarefas. Ao se inserir uma nova tecnologia na indústria é imprescindível o treinamento dos funcionários, para que as tomadas de decisão sejam as mais corretas (FIGURA 43).

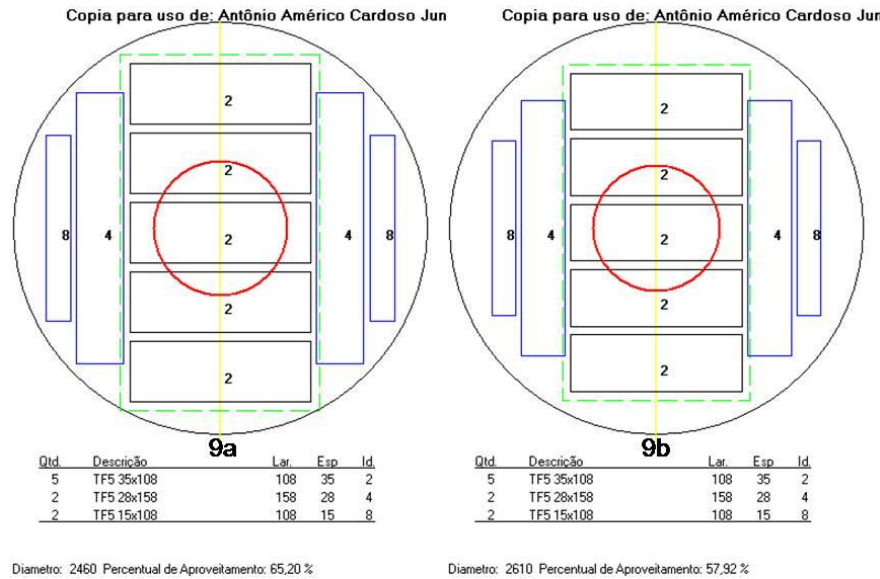


FIGURA 43 - MODELO 9 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS DE 246 MM A 261 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (9A) E MÍNIMO (9B) RESPEITANDO O LAYOUT DA INDÚSTRIA PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Entretanto, o modelo 9 com as peças substituídas, mesmo apresentando uma perda no rendimento, contribuiu para uma maior eficiência uma vez que se manteve dentro das características do “*layout*” estudado, além de ter aumentado a amplitude de diâmetros de 4 mm para 15 mm, ou seja, pode ser realizado em um número maior de toras por ser menos restritivo.

A Tabela 16 apresenta os valores de conicidade e abaulamento das toras desdobradas de acordo com o modelo proposto assim como seus diâmetros. Nota-se que as toras 47, 61 e 67 apresentaram altos valores de conicidade o que afetou os modelos executados na serraria. Observa-se que os diâmetros da ponta fina não seriam simulados pelo programa considerando todas as peças, como no diâmetro da ponta grossa.

TABELA 16 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 8 PROPOSTO PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
47	221	260	1,81	0,00
50	244	248	0,45	0,00
61	250	260	1,14	0,00
62	245	255	0,46	0,00
67	227	252	1,14	0,00

FONTE: O autor (2008)

Na tora 50, FIGURA 47 foi retirada cinco peças do semibloco com dimensões padronizadas, 35x108 mm e nas costaneiras, as peças não saíram de acordo com as dimensões padrões da empresa. A peça 28x158 mm não foi retirada como modelo proposto pelo programa, mas foi retirada uma peça de 28x133 mm, refilada, dentro dos padrões da empresa. A peça 28x95 m foi refilada de forma inadequada, pois gerou uma largura fora dos padrões, a qual deveria ser de 80 mm.

Observa-se, porém que houve uma retirada de seis peças no semibloco e não cinco como propôs o modelo, o que explica esse alto rendimento, porém, como consequência da retirada desta sexta peça no semibloco, uma peça apresentou dimensão de 35x90 mm e as peças retiradas nas costaneira com espessura de 28 mm também saíram fora do padrão proposto pelo programa, porém, a peça de dimensão 28x133 mm, foi uma das dimensões padronizadas pela empresa. Tal situação caracteriza um erro na tomada de decisão do operador da serra.

Observam as toras 47 e 67 com menores rendimentos decorrentes dos refilos nas peças da costaneira, causados pelo erro de posicionamento da tora no corte das serras que compõem o “*layout*”. Nota-se que associada ao erro de posicionamento, os valores de conicidade não permitiram a retirada de cinco peças do semibloco, conforme propôs o modelo, o que contribuiu na perda de rendimento. Verifica-se que a tora 62, em função do baixo número de defeito e do melhor posicionamento no desdobro apresentou refilo somente na peça 28x116 mm, sendo este modelo executado na serraria o que mais se aproximou do modelo proposto pelo programa, indicando que os modelos gerados pelo programa devem ser

seguidos em função de apresentar maior rendimento e melhor qualidade nas peças serradas em relação ao seu dimensionamento.

Observa-se na tora 61, que a peça 28x133 mm foi obtida com dimensão desejada o que não ocorreu com a peça 28x60 mm, valor abaixo da largura mínima aceita pela empresa que foi de 28x80 mm (Tabela 22). Verifica-se que a conicidade foi elevada, fator que contribuiu para a presença de retilos nas peças do semibloco. Como consequência o rendimento ficou em 42,35%, abaixo do valor mínimo de rendimento proposto pelo modelo. A tora 62, em função do melhor posicionamento de corte, permitiu a retirada das peças no semibloco e um melhor aproveitamento das costaneiras com um rendimento aproximado do rendimento proposto pelo programa (FIGURA 44).

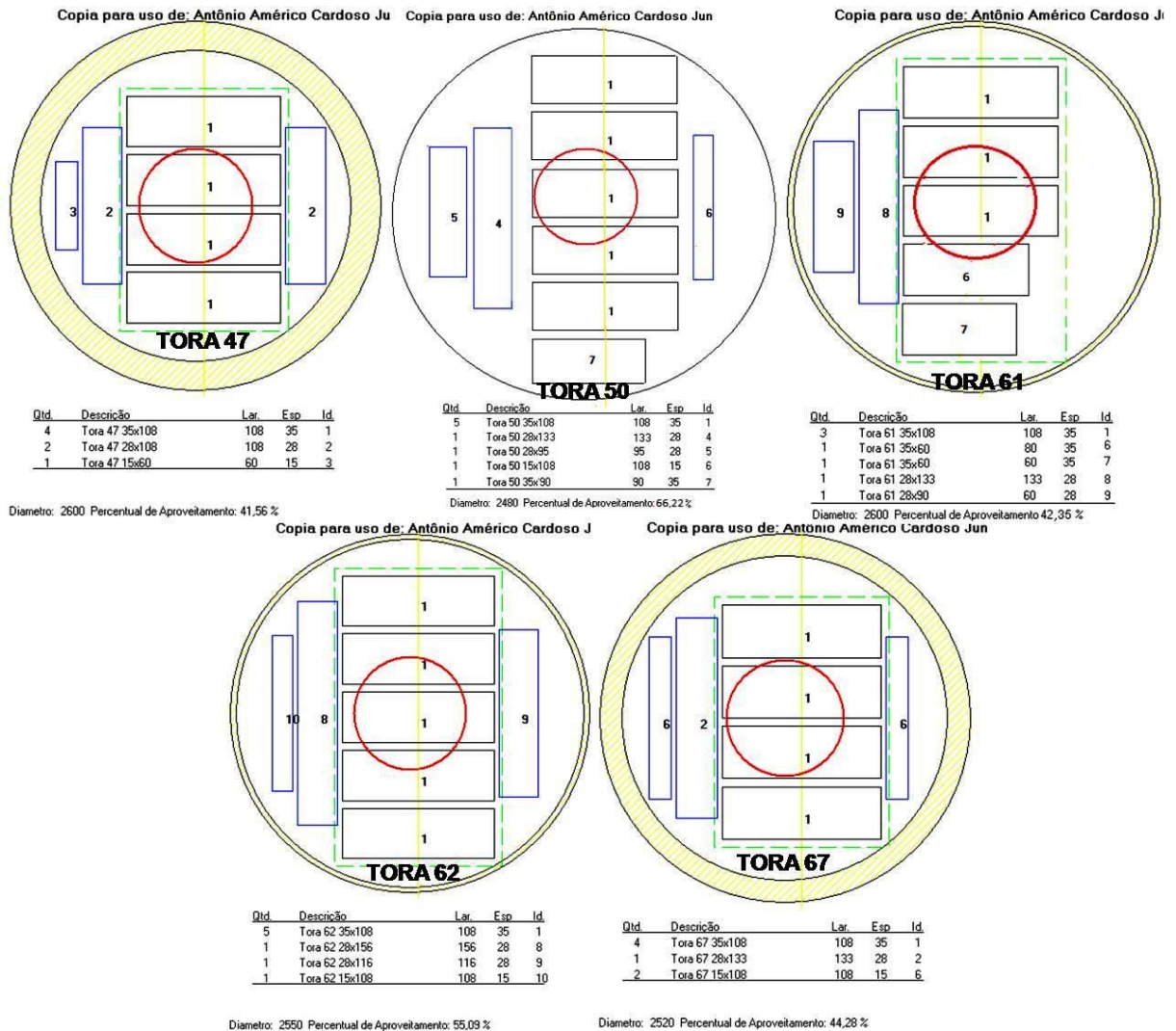


FIGURA 44 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 12 PROPOSTO COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

O modelo 11 proposto pelo programa, apresentou diâmetros maiores, o que impossibilitou seu agrupamento no modelo 9, a exemplo dos modelos 9 e 10 anteriormente discutidos.

Entretanto, como não havia condições técnicas para se propor um novo modelo, decorrente das dimensões usadas na indústria em questão, uma vez que a maior largura de peça aproveitada na resserra da costaneira foi de 158 mm, era esperado que a serraria não reproduzisse o modelo proposto para esta tora em função do seu diâmetro, FIGURA 45. Ressalta-se, de acordo com estas observações, a importância do programa, não só em prever qual ou quais os

melhores modelos de corte a empresa deve adotar em relação ao rendimento de madeira serrada, como também na possibilidade de se realizar novos estudos no que diz respeito ao processo utilizado visando utilizar outras dimensões que permitam um melhor aproveitamento e um melhor planejamento no desdobra e no treinamento de mão-de-obra. Desta forma, a tora 43, (FIGURA 48), com 1,93 % de conicidade e sem abaulamento, também foi desdobrada conforme o modelo 9.

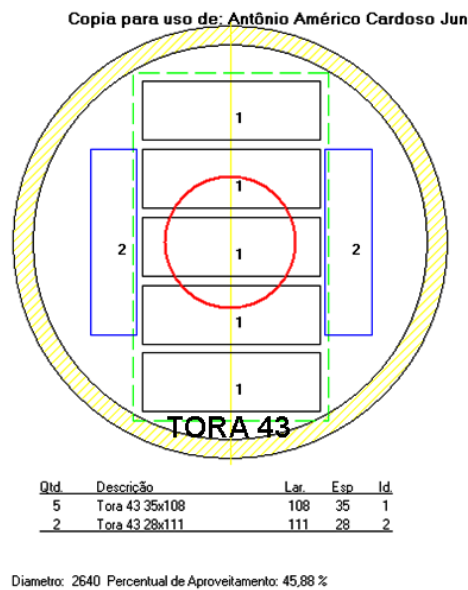


FIGURA 45 - TORA DESDOBRADA DE ACORDO COM O NOVO MODELO 9 PROPOSTO COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEU RENDIMENTO
 FONTE: MAXITORA®, 2008

5.2.2 Comparativo entre os Modelos Propostos e os modelos executados para a classe de diâmetro 2 (23,51 a 28,50 cm) da linha 2

Foram desdobradas 15 toras para essa classe de diâmetro e gerados sete modelos O modelo 6, não se adaptou ao “*layout*” estudado sendo proposto um novo modelo substituindo-o. Verificou-se que os mesmos problemas encontrados na classe de diâmetro anterior ocorreram para esta classe como erro e posicionamento das toras na entrada das serras que associado aos defeitos como conicidade geraram refilos, impossibilitando a obtenção de peças com dimensões padrão da empresa. Nesta classe de diâmetro foram propostos sete modelos de corte em

função dos diâmetros das toras e das peças com as dimensões usadas pela empresa.

O modelo 2 propôs quatro peças no semibloco com dimensões de 41x138 mm e duas peças nas costaneiras com dimensões de 28x108 mm em que nota-se a variação dos diâmetros 240 mm a 254 mm (FIGURA 46). Os rendimentos estimados para os modelos ficaram entre 62,40% e 59,36% como pode ser observado.

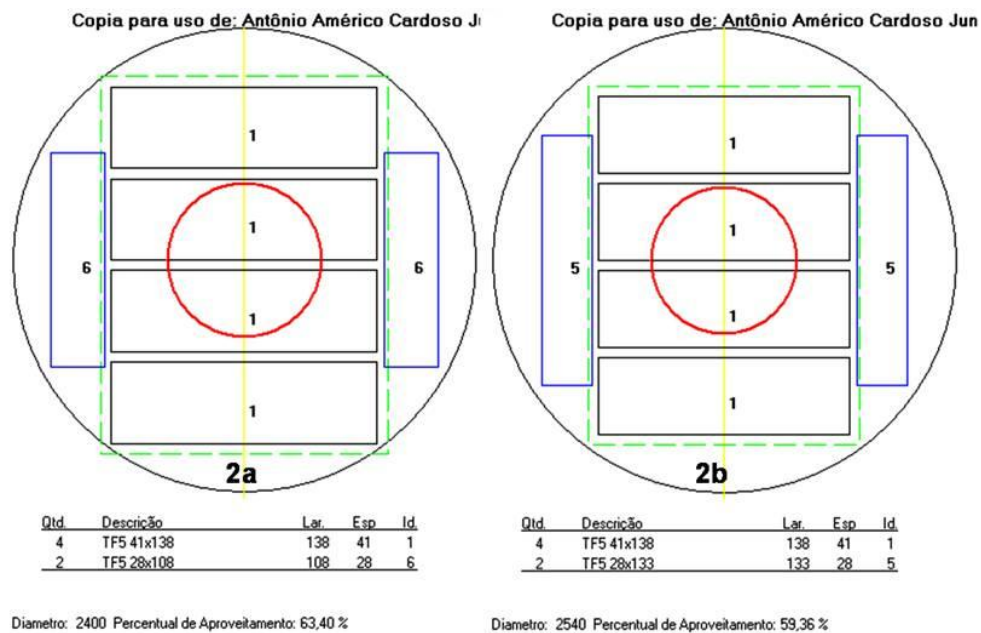


FIGURA 46 - MODELO 2 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS DE 240 MM A 254 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (2A) E MÍNIMO (2B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2
 FONTE: MAXITORA®, 2008

A Tabela 17 apresenta os valores de conicidade e abaulamento das duas toras desdobradas de acordo com o modelo 2 assim como seus diâmetros na ponta fina e na ponta grossa. Observa-se a tora 143 com um abaulamento de 0,99%, o que influenciou no rendimento de madeira serrada. Com relação à conicidade verifica-se que a tora 141 foi a mais cônica com 0,46%.

TABELA 17 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 2 PROPOSTO PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
141	238	248	0,46	0,00
143	219	241	0,18	0,99

FONTE: O autor (2008)

Os modelos executados na serraria apresentaram o mesmo número de peças no semibloco, entretanto, mesmo considerando uma dimensão menor nas peças do semibloco e na peça retirada da costaneira da tora 141, o seu rendimento final foi maior que o rendimento observado na tora 143, o que é explicado pelo seu menor diâmetro. Nos modelos de corte das toras na serraria a tora 141 apresentou um erro de posicionamento no momento do corte, pois apenas uma costaneira foi aproveitada (FIGURA 47).

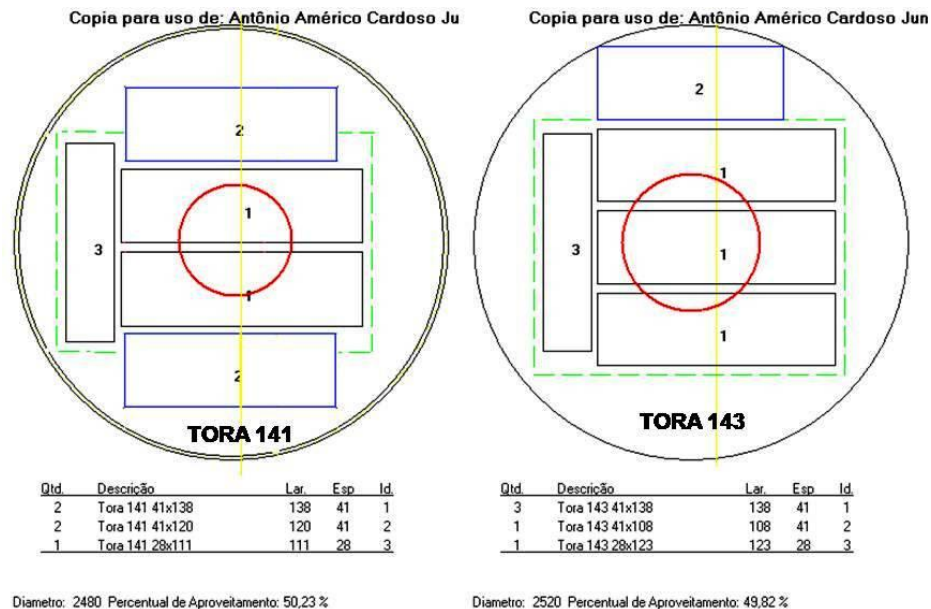


FIGURA 47 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 2 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS

FONTE: MAXITORA®, 2008

As peças refiladas com dimensões 41x120 mm localizadas nas extremidades superior e inferior do semibloco da tora 141 foi decorrente de nós e protuberâncias localizados na superfície rolante da tora, porém estes defeitos não foram mensurados neste trabalho. A tora 143 apresentou um erro de posicionamento na primeira serra, o que levou ao aproveitamento de uma costaneira a exemplo da tora anterior, porém foi melhor posicionada na serra múltipla, pois somente uma peça do semibloco foi refilada decorrente do acentuado abaulamento (0,99%), apresentado.

O modelo 3, (FIGURA 48), foi proposto para toras com diâmetros de 255 mm a 262 mm com quatro peça no semibloco com dimensões de 41x138 e duas peças em cada costaneira com dimensões de 28x133 mm e 15x80 mm.

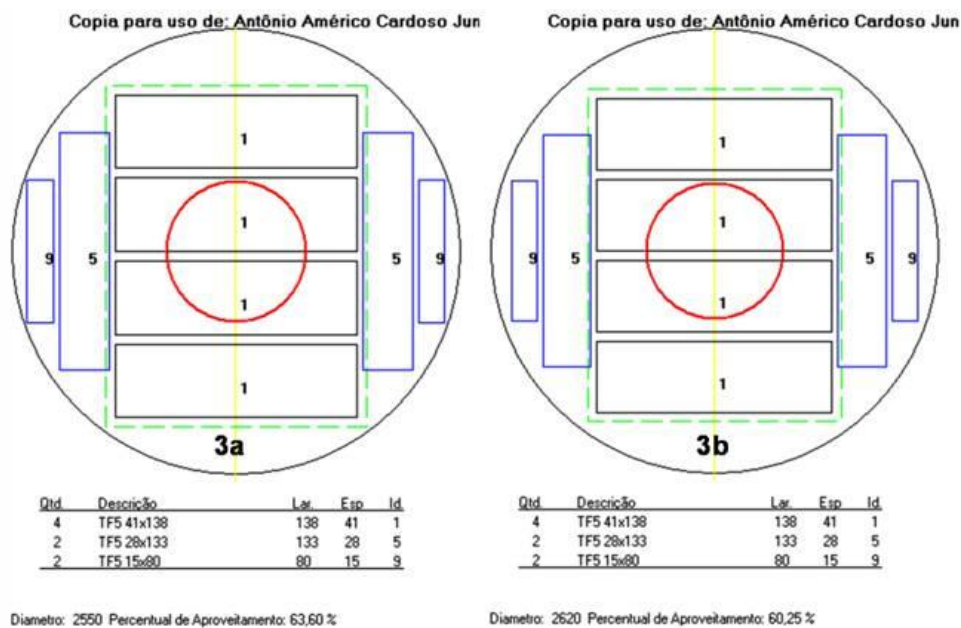


FIGURA 48 - MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAR TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 255 MM E 262 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (3A) E MÍNIMO (3B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2
 FONTE: MAXITORA®, 2008

A Tabela 18 apresenta as quatro toras desdobradas de acordo com o modelo 3 proposto pelo programa. Observa-se que a tora 142 foi a que apresentou um leve abaulamento o que não ocorreu nas demais toras. As toras 147 e 148 foram as que apresentaram os maiores valores de conicidade com 0,94% e 0,50% respectivamente.

TABELA 18 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 3 PROPOSTO PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
142	257	261	0,17	0,09
146	249	258	0,43	0,00
147	238	258	0,94	0,00
148	245	258	0,50	0,00

FONTE: O autor (2008)

Os rendimentos obtidos nas toras foram inferiores aos rendimentos propostos pelo modelo 3. A tora 142 apresentou refilo em uma peça do semibloco, com dimensão de 41x100 mm (FIGURA 49). O mal posicionamento da tora na serra fita foi observada na dimensão da peça 15x108 mm, uma vez que o programa não definiu a largura de 108 mm para esta peça e sim de 80 mm como pode ser verificado no modelo proposto. Verificando-se as demais toras e as dimensões das peças retiradas, nota-se que a entrada incorreta ocorreu nas demais toras.

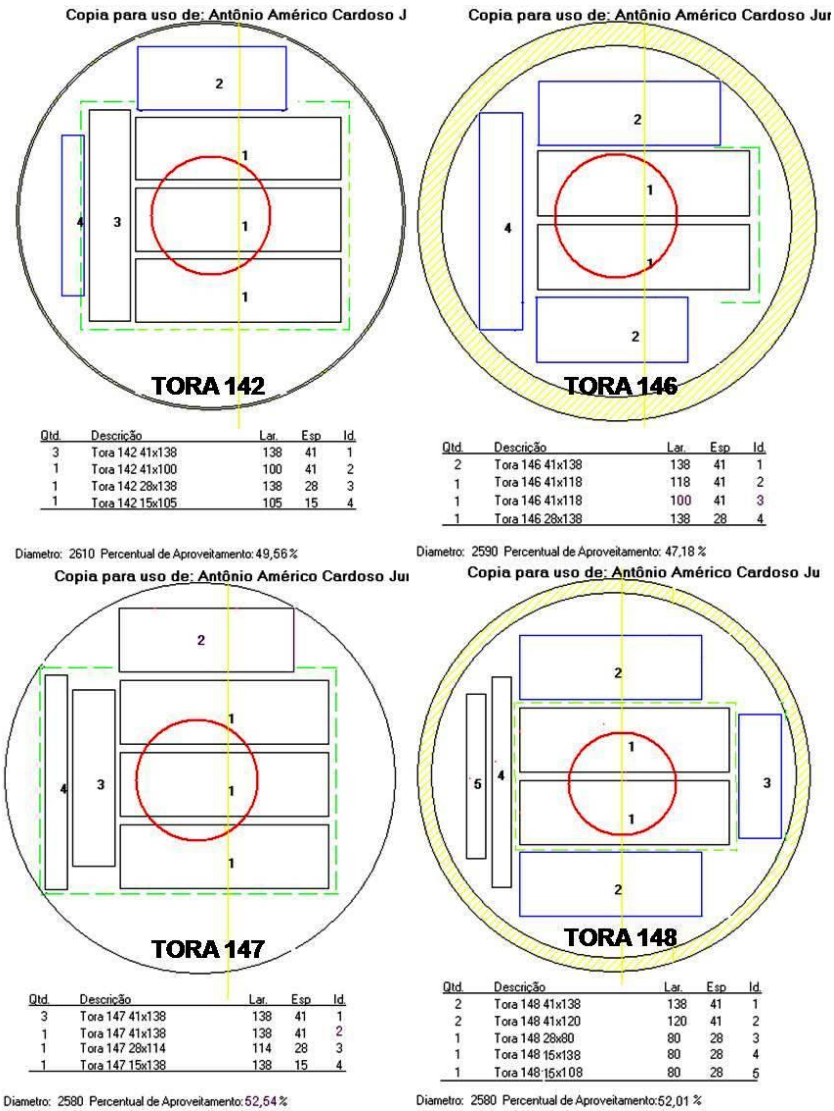


FIGURA 49 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 3 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEUS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Verifica-se que o modelo 4 (FIGURA 50), diferenciou-se do modelo 3 em relação à peça de dimensão 28x158 mm, a qual no modelo anterior foi retirada com uma dimensão de 28x133 mm, sendo as demais peças as mesmas em número e em dimensões.

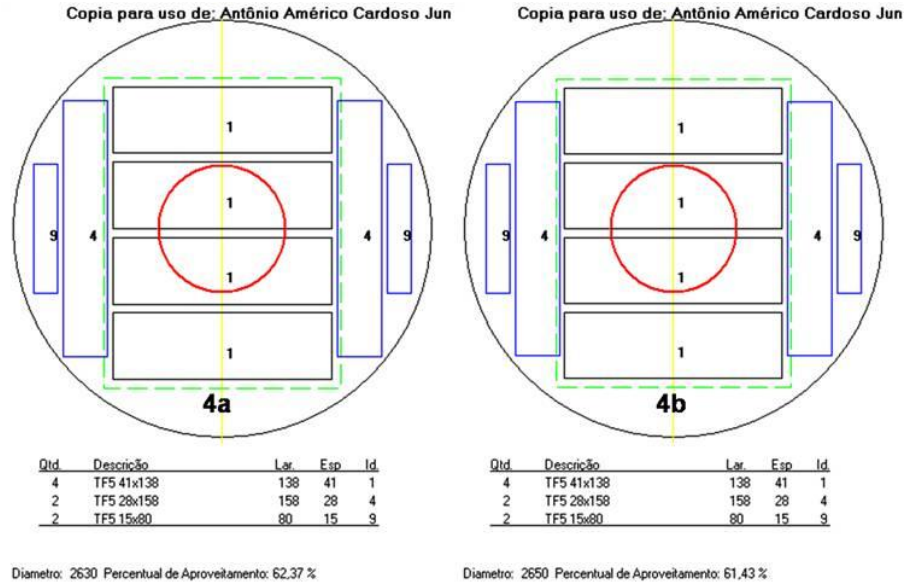


FIGURA 50 - DIÂMETROS UTILIZADOS PARA O MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (4A) E MÍNIMO (4B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Para a amplitude de diâmetro do modelo 4, somente a tora 152 não gerou quatro peças do semibloco, o que ocorreu devido ao mal posicionamento na serra circular assim como na serra fita. A conicidade apresentada pela tora 152 foi de 0,19%, um valor baixo quando comparado com os valores de conicidade encontrados nas demais toras estudadas, em que a entrada errada da tora nas serras foi o principal fator que afetou a reprodução do modelo proposto (FIGURA 51).

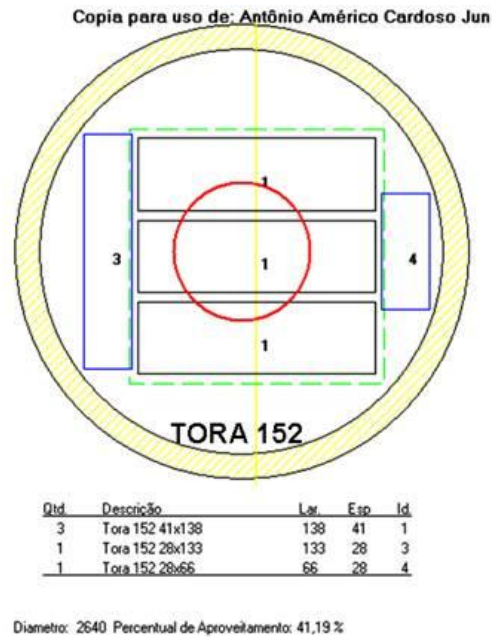


FIGURA 51 - TORA DESDOBRADA DE ACORDO COM O MODELO 4 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEU RENDIMENTO
 FONTE: MAXITORA®, 2008

No modelo 5 proposto pelo programa, os diâmetros fora de 266 mm a 279 mm. Verifica-se que a peça 15x108 foi o diferencial entre os modelos 4 e 5, o que permite os modelos serem inseridos em uma mesma classe. Este modelo inseriu as toras de outro modelo que não poderia ser realizado no “*layout*” estudado, pois não houve uma adequação da indústria em respeito ao programa e as suas exigências (FIGURA 52).

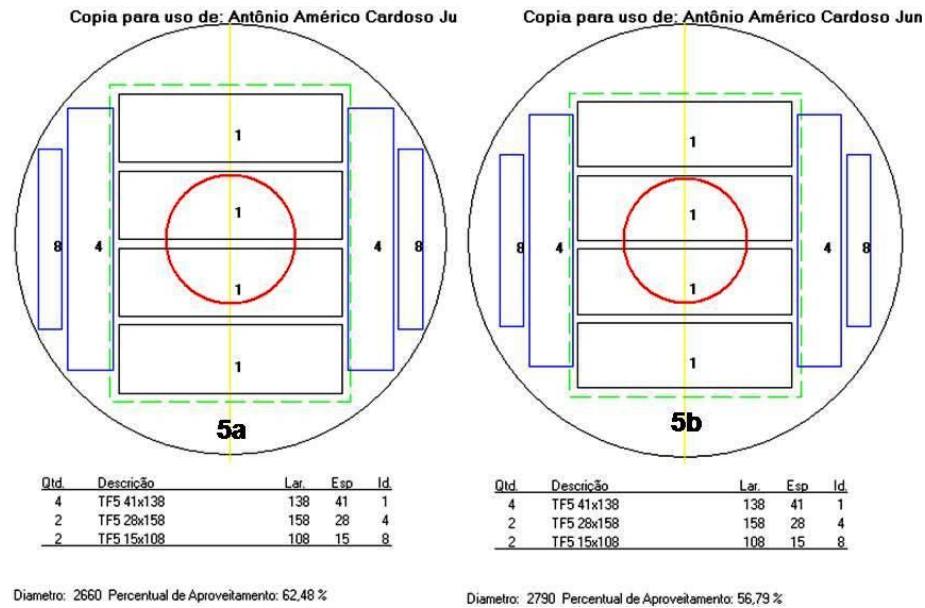


FIGURA 52 - MODELO 5 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 266 MM E 279 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (5A) E MÍNIMO (5B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2
 FONTE: MAXITORA®, 2008

A Tabela 19 apresenta os valores de conicidade e abaulamento das toras desdobradas pelo modelo 5. Verifica-se que dentre os valores de defeitos não houve abaulamento, mas com relação à conicidade a tora 145 foi a que apresentou o maior valor.

TABELA 19 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 5 PROPOSTO PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
144	263	278	0,70	0,00
145	271	275	1,04	0,00
149	264	278	0,60	0,10
150	262	278	0,70	0,00
151	256	267	0,52	0,50
155	255	271	0,43	0,00

FONTE: O autor (2008)

As toras desdobradas não seguiram o modelo proposto pelo programa, o que afetou o rendimento (FIGURA 53). A tora 151 apresentou diâmetro na ponta grossa de 267 mm, o que permitiu seu desdobre considerando o modelo proposto. Entretanto não foi possível reproduzir o modelo de corte realizado na serraria. Verifica-se que a tora apresentou conicidade de 0,52% e abaulamento de 0,50%, o que contribuiu com a retirada dos refilos.

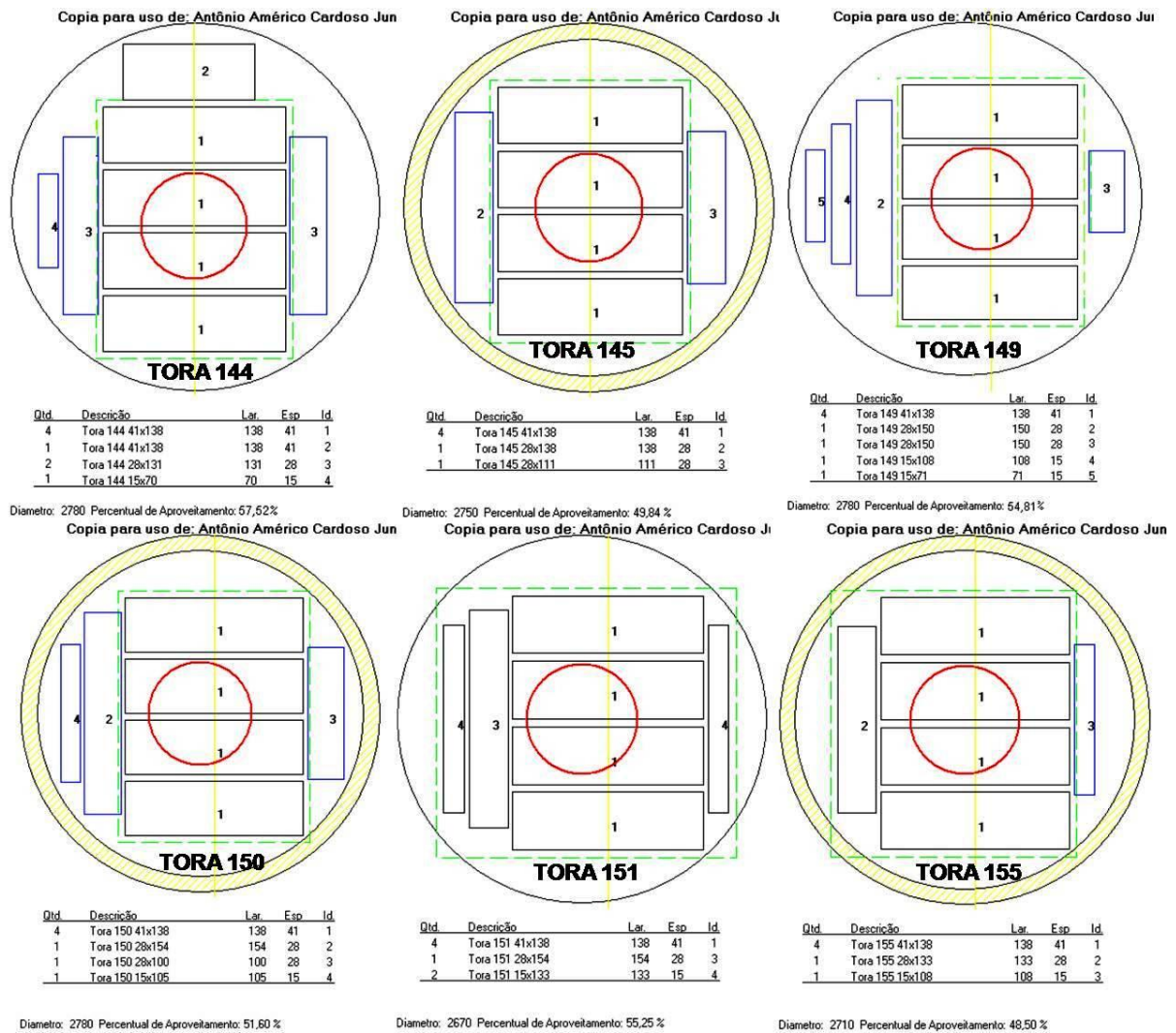


FIGURA 53 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 5 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEU RENDIMENTO
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Pode-se verificar, analisando as peças serradas que a tora 144, mesmo tendo apresentado uma maior conicidade que a tora 149, obteve um maior rendimento. Analisando-se as peças retiradas pode-se notar que a tora foi desdobrada com um melhor posicionamento, o que permitiu que fosse desdobrada se aproximando do modelo proposto. A tora 149 mal posicionada na serra fita dupla, o que levou a uma maior redução da largura nas peças do semibloco que ficaram com dimensões de 28x65 mm e 15x71 mm. Observa-se que houve refilo em uma peça do semibloco, tal fato poderia caracterizar um erro de posicionamento, entretanto, como o modelo propôs apenas a retirada de quatro peças do semibloco, a retirada de uma quinta peça mostra um erro de tomada de decisão do operador de serra. Com relação aos rendimentos, a tora 144 apresentou um valor mais elevado, entretanto as dimensões foram fora dos padrões, ao contrário do obtido na tora 149.

Este fato comprova a precisão na definição dos modelos de corte gerados pelo programa, pois não foram considerados apenas os rendimentos na definição, mas as dimensões das peças também são importantes na análise final. Desta forma, o que a um primeiro momento caracterizaria uma decisão correta do operador em conseguir um maior rendimento considerando as duas toras, 144 e 149, com mesmo diâmetro e valores de conicidade próximos, 0,70% e 0,60% respectivamente, pode não ser uma decisão adequada. Ao se realizar uma análise um pouco mais cuidadosa verifica-se que a redução das dimensões foi maior na tora 144, o que não deveria ter ocorrido.

Observa-se que a tora 145 foi a que apresentou o maior valor de conicidade, o que levou a um menor rendimento comparado aos demais modelos reproduzidos pelo programa. Observa-se que o modelo da tora 150 foi o que mais se aproximou do modelo proposto o que a levou a um maior rendimento. Conforme discutido, ao se desdobrar a tora dentro dos modelos propostos pelo programa o rendimento foi maior, o que mostra que o programa propôs o que foi mais adequado para os "layouts" estudados. Entretanto ressalta-se que no semibloco, os modelos executados na serraria retiraram as quatro peças no semibloco, conforme foi proposto pelo modelo de corte do programa, tal fato mostra que na segunda serra de desdobro do semibloco, houve um posicionamento correto dos mesmos.

No modelo 6 proposto pelo programa para a segunda classe de diâmetro da linha 2 verifica-se que a amplitude de diâmetros admitida para esta classe foi de 9 mm, sendo o diâmetro mínimo com 280 mm e o máximo com 289 mm (FIGURA 54).

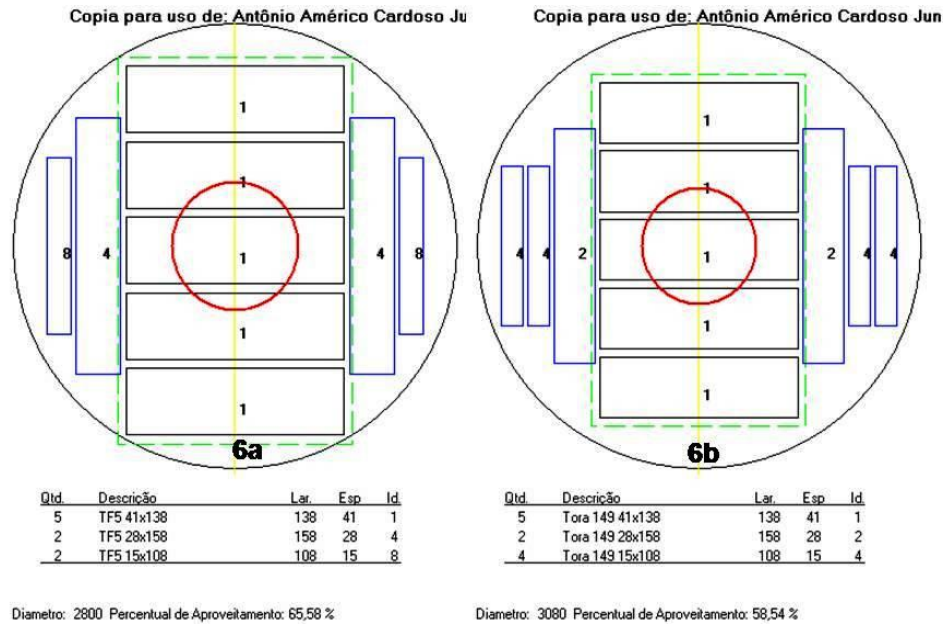


FIGURA 54 - MODELO 5 PROPOSTO PELO PROGRAMA PARA DESDOBRAMENTO DE TORAS COM DIÂMETROS ENTRE 280 MM E 308 MM, COM OS RENDIMENTOS MÁXIMO (6A) E MÍNIMO (6B) PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Verifica-se na Tabela 20 que a tora 153 apresentou os valores mais altos de conicidade (1,10%) e abaulamento (0,20%) em relação a tora 154. Tais defeitos contribuem para a não execução dos modelos propostos pelo programa, pois agravam outros problemas ocorridos na indústria como a falta de uma orientação correta da tora no momento do desdobro.

TABELA 20 - VALORES DE CONICIDADE E ABAULAMENTO EM PORCENTAGEM DAS TORAS REFERENTES AO MODELO 6 PROPOSTO PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO DA LINHA 2

Tora	Diâmetro Ponta Fina (mm)	Diâmetro Ponta Grossa (mm)	Conicidade (%)	Abaulamento (%)
153	284	308	1,10	0,20
154	272	285	0,58	0,00

FONTE: O autor (2008)

O modelo 6 não foi reproduzido nestas toras devido a conicidade apresentada e pelo abaulamento da tora 153 e 154 o que gerou peças refiladas. O erro de posicionamento da tora na serra, mesmo aparentemente baixo, também foi responsável pelo refilo retirado, o que fez com que se obtivessem peças com

dimensões fora dos padrões da empresa. Verifica-se que o número de peças retiradas do semibloco foi o que propôs o programa, em que uma dessas peças apresentou dimensão inferior devido ao mal posicionamento na serra fita e na serra circular. A peça 15x45 mm é uma peça que foi aqui considerada, mas na linha de produção seria levada ao picador devido à pequena largura apresentada. Não foram retiradas peças com espessuras de 15 mm na tora 154, devido o seu diâmetro ter sido inferior ao da tora 153 (FIGURA 55).

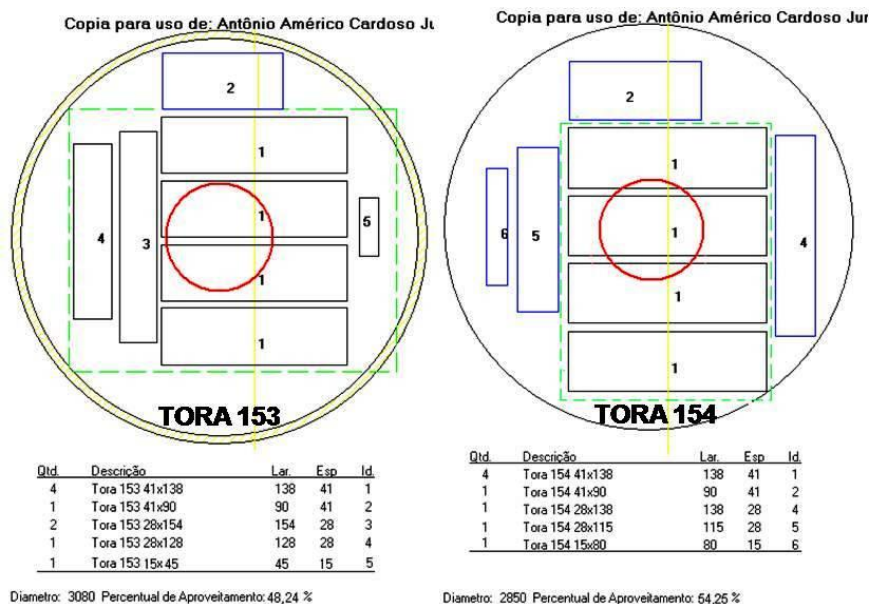


FIGURA 55 - TORAS DESDOBRADAS DE ACORDO COM O MODELO 6 PROPOSTO PELO PROGRAMA COM AS PEÇAS OBTIDAS E SEU RENDIMENTO
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Diante dos resultados apresentados para segunda linha estudada, verifica-se que os fatores que contribuíram para as alterações nos modelos desdobrados foram os mesmos da linha 1, e a exemplo do que ocorreu na linha 1 estes podem ser reduzidos ou mesmo eliminados do processo.

Murara Jr (2005) afirma que a redução da amplitude de diâmetro das classes pode proporcionar o aumento do rendimento. Fontes (1994) trabalhou com amplitude de classe de 14,5 cm e obteve um rendimento de 30,47%. Biasi e Rocha (2003) trabalharam com amplitude de classes de diâmetro de 10 e 12 cm e obtiveram um rendimento médio de 43,17%. Murara Jr *et al.* (2005) trabalharam com amplitudes de 4 e 6 cm e obtiveram um rendimento médio de 44,21%. Ribas *et al.*

(1989) trabalharam com amplitude de 3,9 cm e obtiveram rendimentos de 48,50%. Sendo assim a classificação por diâmetro deve apresentar uma amplitude máxima de 3 cm para o “*layout*” estudado homogeneizando as toras para predizer com mais eficiência o rendimento que será obtido para essa classe de diâmetro considerando os produtos desejados.

Borges (1993) encontrou rendimentos de 38,98%, 51,91%, 53,31% e 64,87% para toras de 15 cm, 20 cm, 25 cm e 30 cm de diâmetros respectivamente, e concluiu que houve um aumento no rendimento de madeira serrada na ordem de 25,89% ao considerar o maior e o menor diâmetro serrado. Biasi e Rocha (2003) trabalharam com quatro classes de diâmetro (8 a 18 cm, 14 a 24 cm, 20 a 32 cm e 33 a 45 cm), para toras de *pinus elliottii* e encontraram rendimentos de 40,5%, 40,17%; 45,32%; 33 e 45% respectivamente.

Murara Jr *et al.* (2005), trabalhando com 5 classes de diâmetros com valores centrais de 21,00 cm, 26,05 cm, 31,05 cm, 36,05 cm e 41,05 cm encontraram rendimentos de 37,03%, 45,35%, 45,31%, 46,75% e 46,62% respectivamente ao se trabalhar com desdobro convencional. Fontes (1994) utilizando o desdobro convencional encontrou um rendimento médio de 30,47% para diâmetros que variaram de 15 cm a 29,5 cm. Ribas (1989).

Assini *et al.* (1984) serrando toras de *pinus* com diâmetros que variaram de 12 cm a 30 cm, encontraram um rendimento de tora serrada em blocos de 38,11% e de madeira serrada em tábuas um rendimento de 30,42%.

5.3 Comparativo entre os rendimentos estimados pelo programa e os rendimentos calculados na serraria para as classes de diâmetro das linhas estudadas

5.3.1 Distribuição de Probabilidades

Pelo teste de distribuição de probabilidade (FIGURA 56) os dados apresentaram distribuição com um pequeno deslocamento à esquerda da normalidade para uma média geral de 44,72% e um desvio padrão de 10,22. O ajuste dos erros à distribuição normal é uma pressuposição fundamental, pois sobre esta se baseiam a maioria dos testes clássicos para comparação de populações.

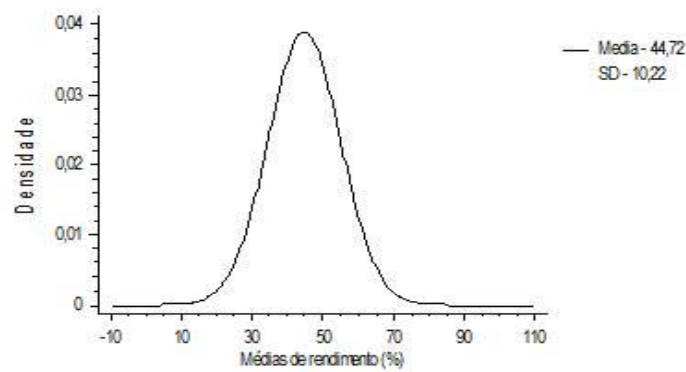


FIGURA 56 - DISTRIBUIÇÃO DE PROBABILIDADE DOS DADOS DE RENDIMENTOS DAS LINHAS DE DESDOBRO ESTUDADAS

FONTE: Statgraphics Centurion

5.3.2 Teste de significância de Bartlett

A homogeneidade das variâncias depende da distribuição normal dos erros conforme visto no item anterior. O teste de Bartlett é um dos testes utilizados para testar a homogeneidade das variâncias de mais de duas populações. Verifica-se na Tabela 21 que há homogeneidade entre as variâncias das duas linhas de desdobros estudadas a 95% de probabilidade.

TABELA 21 - TESTE DE HOMOGENEIDADE DE VARIÂNCIA DE BARTLETT PARA VERIFICAR SE HÁ DIFERENÇA ENTRE AS VARIÂNCIAS NAS DUAS LINHAS DE DESDOBRO ESTUDADAS A 95% DE PROBABILIDADE

Teste	Teste F	Probabilidade
Bartlett's	1,0 ^{ns}	0,990249

FONTE: O autor (2008)

5.3.3 Comparativo entre os rendimentos estimados pelo programa e os rendimentos obtidos na serraria para as classes de diâmetro 1 e 2 da linha 2

A Tabela 22 apresenta os valores dos rendimentos calculados após o desdobro na linha 1, comparando-os com os rendimentos estimados pelo programa. A maioria das toras apresentou rendimentos calculados na serraria superiores aos rendimentos estimados pelo programa, sendo este resultado esperado, pois o

programa considera a tora como um cilindro perfeito. O rendimento estimado pelo programa foi superior ao calculado na serraria decorrente do menor comprimento das peças serradas, como se observa nas toras 16, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 27 e 29. Verifica-se que as toras 22, 23 e 29 apresentaram as maiores diferenças entre os rendimentos, devido à redução do comprimento das peças no destopo para a retirada de esmoado nas extremidades.

TABELA 22 - VOLUME DAS TORAS E DA MADEIRA SERRADA POR TORA COM SEUS RENDIMENTOS CALCULADOS E ÁREA DA CIRCUNFERÊNCIA DA TORA COM A ÁREA DAS PEÇAS E O RENDIMENTO ESTIMADO CALCULADO PELO PROGRAMA

Tora	Vol. T (m ³)	Vol.MS (m ³)	R.Calc. (%)	Área. Circ. (m ²)	Área Fig. (m ²)	R.Est. (%)
1	0,10260	0,03641	35,49	0,0515	0,0167	32,42
2	0,04814	0,01555	32,29	0,0246	0,0078	31,86
3	0,04531	0,01830	40,38	0,0227	0,0090	39,83
4	0,03897	0,01329	34,11	0,0191	0,0062	32,18
5	0,08640	0,02157	24,97	0,0449	0,0099	22,00
6	0,03244	0,01092	33,65	0,0154	0,0050	32,74
7	0,05429	0,02384	43,92	0,0302	0,0115	38,02
8	0,02717	0,00921	33,92	0,0135	0,0042	31,16
9	0,02913	0,01035	35,54	0,0152	0,0048	31,37
10	0,03945	0,00977	24,77	0,0199	0,0045	22,74
11	0,04788	0,01661	34,68	0,0230	0,0078	33,88
12	0,06775	0,02128	31,41	0,0317	0,0097	30,44
13	0,03965	0,01491	37,62	0,0214	0,0074	34,37
14	0,03976	0,01120	28,16	0,0196	0,0050	25,71
16	0,04098	0,01723	42,03	0,0211	0,0091	42,95
18	0,05484	0,02067	37,69	0,0287	0,0101	35,18
19	0,06975	0,02616	37,50	0,0366	0,0134	36,68
20	0,04047	0,01337	33,04	0,0206	0,0078	38,04
21	0,03914	0,01302	33,25	0,0184	0,0066	35,64
22	0,04883	0,01935	39,63	0,0230	0,0101	43,89
23	0,05664	0,02291	40,44	0,0269	0,0124	46,15
24	0,05405	0,01553	28,73	0,0249	0,0078	31,51
25	0,04536	0,01778	39,21	0,0278	0,0101	36,31
26	0,05669	0,01771	31,23	0,0278	0,0088	31,77
27	0,04028	0,01025	25,45	0,0191	0,0050	26,37
28	0,04814	0,02486	51,65	0,0230	0,0096	41,61
29	0,04330	0,02037	47,05	0,0211	0,0103	48,95
30	0,05867	0,01608	27,42	0,0308	0,0078	25,46

FONTE: O autor (2008)

NOTA: Vol.T. (m³) – volume da tora em metros cúbicos; Vol.MS – volume de madeira serrada em metro cúbico; R.Calc. – rendimento calculado em porcentagem; Área.Circ. (m²) – área do círculo determinada pelo diâmetro da ponte grossa em metro quadrado; ÁreaFig. (m²) – área da FIGURA simulando a peça em metro quadrado; R.Est. (%) – rendimento estimado pelo programa em porcentagem.

A conicidade influenciou tanto a largura como o comprimento, refletindo no comportamento dos rendimentos, Tabela 23. Nenhuma das peças referentes à tora 22 apresentou o mesmo comprimento da tora e duas peças da tora 23 apresentaram comprimentos de 1,30 m e 1,71 m, abaixo do comprimento real da tora que foi de 2,21 m.

TABELA 23 - VALORES DE ESPESSURA, LARGURA, CONICIDADE, COMPRIMENTO DAS PEÇAS SERRADAS, COMPRIMENTOS DAS TORAS MEDIDAS NA SERRARIA E VALORES DA ESPESSURA E DA LARGURA CADASTRADAS NO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO PARA AS CLASSES DE DIÂMETRO 1 E 2 DA LINHA 1

Tora	Conicidade (%)	Comp. Tora (m)	Esp. Real (m)	Larg. Real (m)	Comp. M.S. (m)	Esp. Cad.	Larg. Cad.
16	0,71	2,15	0,035	0,079	2,15	0,035	0,080
			0,035	0,081	1,42	0,035	0,080
			0,027	0,081	2,15	0,028	0,080
			0,027	0,044	2,15	0,028	0,044
20	0,58	2,14	0,034	0,080	2,14	0,035	0,080
			0,035	0,075	1,59	0,035	0,080
			0,028	0,080	1,52	0,028	0,080
21	0,12	2,18	0,035	0,077	2,18	0,035	0,080
			0,028	0,078	2,18	0,028	0,080
			0,025	0,054	1,82	0,028	0,054
22	0,20	2,21	0,035	0,077	1,99	0,035	0,080
			0,034	0,077	2,00	0,035	0,080
			0,028	0,078	2,00	0,028	0,080
			0,027	0,080	2,00	0,028	0,080
23	0,26	2,21	0,035	0,080	1,30	0,035	0,080
			0,035	0,079	2,21	0,035	0,080
			0,035	0,077	2,21	0,035	0,080
			0,027	0,078	1,71	0,028	0,080
24	0,42	2,22	0,026	0,063	2,21	0,028	0,063
			0,035	0,078	2,22	0,035	0,080
			0,035	0,078	2,22	0,035	0,080
26	0,71	2,21	0,028	0,077	1,60	0,028	0,080
			0,035	0,080	2,21	0,035	0,080
			0,035	0,080	2,21	0,035	0,080
27	0,29	2,20	0,025	0,079	1,68	0,028	0,080
			0,026	0,035	2,21	0,028	0,035
			0,034	0,081	2,20	0,035	0,080
29	0,46	2,19	0,028	0,080	1,86	0,028	0,080
			0,035	0,081	1,42	0,035	0,080
			0,034	0,081	2,19	0,035	0,080
			0,034	0,081	2,19	0,035	0,080
			0,015	0,065	2,19	0,015	0,065
			0,015	0,065	2,19	0,015	0,065

FONTE: O autor (2008)

NOTA: Comp. Total (m) – comprimento da tora em metros; Esp.Real (m) – espessura real das peças em metros; Larg.Real (m) – largura real das peças em metros; Comp. M.S. (m) – comprimento real das peças em metros; Esp.Cad. – espessura cadastrada no programa; Larg.Cad – largura cadastrada no programa.

A Tabela 24 apresenta a análise de variância da regressão do modelo ajustado.

TABELA 24 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO MODELO AJUSTADO PARA AS TORAS DESDOBRADAS DENTRO NA LINHA 1

Fonte de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	P
Modelo	3	1096,02	365,34	164,09	0,0000
Residual	24	53,4339	2,22641		
Total	27	1149,45			

FONTE: O autor (2008)

A equação de regressão proposta para a linha 1 (FIGURA 57), apresenta o alto valor do coeficiente de determinação ($r^2 = 95,35\%$) que representa o quanto o rendimento estimado é explicado pelas variáveis utilizadas.

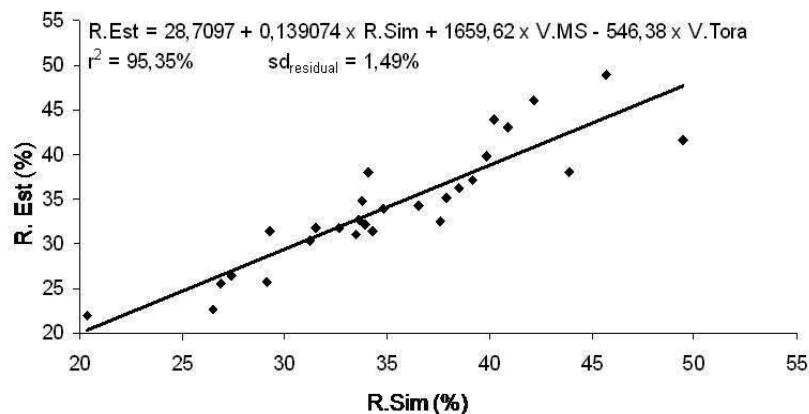


FIGURA 57 - EQUAÇÃO DE REGRESSÃO AJUSTADA PARA A LINHA 1 SENDO: R. EST = RENDIMENTO ESTIMADO (%); R.SIM = RENDIMENTO SIMULADO (%); V.MS = VOLUME DE MADEIRA SERRADA (M3); V.TORA = VOLUME DA TORA (M3)

FONTE: Statgraphics Centurion

5.3.4 Comparativo entre os rendimentos estimados pelo programa e os rendimentos obtidos na serraria para as classes de diâmetro 1 e 2 da linha 2

A Tabela 25 apresenta os valores dos rendimentos calculados após o desdobro na linha 2 para as duas classes de diâmetro, as quais foram estudadas juntas. Verifica-se que as toras 36, 50, 51, 141, 148 e 149 apresentaram

rendimentos simulados maiores que o rendimento observado em campo. Observa-se que a tora 50 foi a que apresentou a menor diferença entre os rendimentos.

TABELA 25 - VOLUME DAS TORAS E DA MADEIRA SERRADA POR TORA COM SEUS RENDIMENTOS CALCULADOS E ÁREA DA CIRCUNFERÊNCIA DA TORA COM A ÁREA DAS PEÇAS E O RENDIMENTO ESTIMADO CALCULADO PELO PROGRAMA PARA AS CLASSES DE DIÂMETRO 1 E 2 DA LINHA 2 (CONTINUA)

Tora	Vol. T (m ³)	Vol.MS (m ³)	R.Calc. (%)	Área. Circ. (m ²)	Área Fig. (m ²)	R.Est. (%)
36	0,08443	0,04596	54,43	0,0398	0,0225	56,55
37	0,09165	0,03210	35,02	0,0452	0,0144	31,91
38	0,07041	0,03271	46,46	0,0343	0,0154	44,97
39	0,08276	0,04180	50,51	0,0401	0,0195	48,72
40	0,07415	0,03908	52,70	0,0353	0,0184	52,01
41	0,07725	0,03679	47,62	0,0373	0,0176	47,22
42	0,09505	0,05133	54,00	0,0460	0,0228	49,66
43	0,10041	0,05439	54,17	0,0547	0,0251	45,88
44	0,07130	0,03604	50,54	0,0353	0,0164	46,40
45	0,07420	0,04195	56,54	0,0377	0,0194	51,51
46	0,07960	0,04867	61,14	0,0398	0,0218	54,92
47	0,09897	0,04983	50,35	0,0531	0,0221	41,56
48	0,09002	0,04566	50,73	0,0471	0,0216	45,73
49	0,08683	0,04404	50,72	0,0423	0,0210	49,69
50	0,10130	0,06287	62,06	0,0483	0,0301	62,22
51	0,07721	0,02344	30,35	0,0370	0,0151	40,88
61	0,10503	0,04945	47,08	0,0531	0,0225	42,35
62	0,10579	0,06086	57,53	0,0511	0,0281	55,09
63	0,08221	0,04043	49,18	0,0408	0,0184	44,99
64	0,07582	0,04243	55,96	0,0398	0,0193	48,41
65	0,08742	0,04869	55,69	0,0412	0,0218	52,95
66	0,07479	0,03214	42,98	0,0398	0,0169	42,52
67	0,09657	0,04710	48,78	0,0499	0,0221	44,28
68	0,08049	0,04378	54,39	0,0408	0,0206	50,34
69	0,08671	0,04484	51,71	0,0408	0,0201	49,31
70	0,07348	0,04368	59,44	0,0337	0,0181	53,87
141	0,10034	0,04791	47,75	0,0483	0,0243	50,23
142	0,11532	0,05846	50,70	0,0535	0,0265	49,56
143	0,09056	0,04724	52,17	0,0499	0,0248	49,82
144	0,12453	0,07669	61,58	0,0607	0,0349	57,52
145	0,12808	0,06703	52,33	0,0594	0,0296	49,84
146	0,10963	0,05464	49,84	0,0525	0,0249	47,37
147	0,10390	0,05659	54,47	0,0522	0,0274	52,54
148	0,10787	0,04989	46,25	0,0521	0,0271	52,01
149	0,12503	0,04917	39,33	0,0607	0,0284	46,87
150	0,12329	0,06822	55,33	0,0607	0,0313	51,60

TABELA 25 - VOLUME DAS TORAS E DA MADEIRA SERRADA POR TORA COM SEUS RENDIMENTOS CALCULADOS E ÁREA DA CIRCUNFERÊNCIA DA TORA COM A ÁREA DAS PEÇAS E O RENDIMENTO ESTIMADO CALCULADO PELO PROGRAMA PARA AS CLASSES DE DIÂMETRO 1 E 2 DA LINHA 2 (CONCLUSÃO)

151	0,11639	0,06324	54,33	0,0560	0,0299	53,42
152	0,10963	0,04769	43,50	0,0547	0,0225	41,19
153	0,15114	0,08163	54,01	0,0745	0,0359	48,24
154	0,13264	0,07595	57,26	0,0638	0,0346	54,25
155	0,11820	0,05987	50,66	0,0577	0,0280	48,50

FONTE: O autor (2008)

NOTA: Vol.T. (m³) – volume da tora em metros cúbicos; Vol.MS – volume de madeira serrada em metro cúbico; R.Calc. – rendimento calculado em porcentagem; Área.Circ. (m²) – área do círculo determinada pelo diâmetro da ponte grossa em metro quadrado; ÁreaFig. (m²) – área da FIGURA simulando a peça em metro quadrado; R.Est. (%) – rendimento estimado pelo programa em porcentagem.

Observa-se na Tabela 26 que duas peças da tora 36 apresentaram comprimentos de 1,94 m e 1,34 m, abaixo do comprimento real da tora (2,18 m). Verifica-se que a tora 50 também apresentou uma peça com comprimento menor que o comprimento da tora que foi de 2,18 m. As demais toras apresentaram um número maior de peças com essa característica, o que explica o rendimento calculado na serraria ter sido inferior ao proposto pelo programa.

TABELA 26 - ESPESSURA, LARGURA, CONICIDADE, COMPRIMENTO DAS PEÇAS SERRADAS E COMPRIMENTOS DAS TORAS MEDIDAS NA SERRARIA E VALORES DA ESPESSURA E DA LARGURA CADASTRADAS NO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO (CONTINUA)

Tora	Conicidade (%)	Comp. Tora (m)	Esp. Real (m)	Larg. Real (m)	Comp. M.S. (m)	Esp. Cad.	Larg. Cad.
36	0,29	2,18	0,035	0,108	2,18	0,035	0,108
			0,035	0,108	2,18	0,035	0,108
			0,034	0,108	2,18	0,035	0,108
			0,035	0,075	2,18	0,035	0,075
			0,030	0,084	1,94	0,028	0,080
			0,034	0,093	1,34	0,035	0,093
			0,028	0,108	2,18	0,028	0,108
50	0,45	2,18	0,015	0,102	2,18	0,015	0,108
			0,030	0,095	2,18	0,028	0,095
			0,030	0,131	2,18	0,028	0,133
			0,035	0,110	2,18	0,035	0,108
			0,036	0,108	2,18	0,035	0,108
			0,035	0,110	1,17	0,035	0,108
			0,035	0,110	2,18	0,035	0,108
	0,036	0,110	2,18	0,035	0,108		
	0,035	0,090	2,18	0,035	0,090		

TABELA 26 - ESPESSURA, LARGURA, CONICIDADE, COMPRIMENTO DAS PEÇAS SERRADAS E COMPRIMENTOS DAS TORAS MEDIDAS NA SERRARIA E VALORES DA ESPESSURA E DA LARGURA CADASTRADAS NO PROGRAMA PARA SIMULAÇÃO (CONCLUSÃO)

51	0,25	2,17	0,035	0,108	2,17	0,035	0,108
			0,035	0,108	2,17	0,035	0,108
			0,035	0,108	2,17	0,035	0,108
			0,028	0,060	1,67	0,028	0,060
141	0,45	2,16	0,042	0,139	2,16	0,041	0,138
			0,042	0,139	2,16	0,041	0,138
			0,043	0,120	1,38	0,041	0,120
			0,043	0,120	1,68	0,041	0,120
			0,028	0,111	2,16	0,028	0,111
148	0,50	2,16	0,028	0,082	2,16	0,028	0,080
			0,017	0,110	2,16	0,015	0,108
			0,042	0,120	1,40	0,041	0,120
			0,043	0,120	2,16	0,041	0,120
			0,041	0,140	1,73	0,041	0,138
			0,042	0,140	1,94	0,041	0,138
149	0,60	2,17	0,015	0,135	2,16	0,015	0,138
			0,030	0,150	1,73	0,028	0,150
			0,042	0,141	1,46	0,041	0,138
			0,042	0,133	2,18	0,041	0,133
			0,041	0,140	2,17	0,041	0,138
			0,042	0,140	2,17	0,041	0,138
			0,030	0,065	2,18	0,028	0,065

FONTE: O autor (2008)

NOTA: Comp. Tota (m) – comprimento da tora em metros; Esp.Real (m) – espessura real das peças em metros; Larg.Real (m) – largura real das peças em metros; Comp. M.S. (m) – comprimento real das peças em metros; Esp.Cad. – espessura cadastrada no programa; Larg.Cad – largura cadastrada no programa.

A Tabela 27 apresenta a análise de variância da regressão do modelo ajustado.

TABELA 27 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO MODELO AJUSTADO PARA AS TORAS DESDOBRADAS DENTRO NA LINHA 2

Fonte de Variação	GL	Soma de Quadrados	Quadrado Médio	F	P
Modelo	6	1650,94	275,157	209,84	0,0000
Residual	34	44,5834	1,31128		
Total	40	1695,52			

FONTE: O autor (2008)

A equação de regressão proposta para a linha 2 mostra o alto valor do coeficiente de determinação ($r^2 = 94,37\%$) apresentando o quanto o rendimento observado é explicado pelas variáveis utilizadas, ou seja, é provável estimar com precisão o rendimento da serraria utilizando a equação ajustada (FIGURA 58).

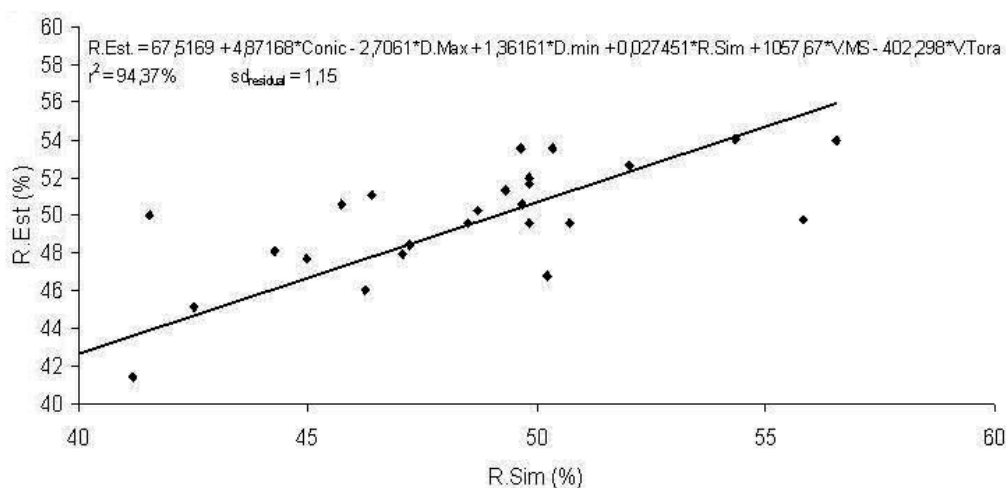


FIGURA 58 - EQUAÇÃO DE REGRESSÃO AJUSTADA PARA A LINHA 2 SENDO: R. EST = RENDIMENTO ESTIMADO (%); CONIC. = CINICIDADE DA TORA (%); D. MAX = DIÂMETRO DA PONTA GROSSA (CM); D. MIN = DIÂMETRO DA PONTA FINA (CM); R. SIM – RENDIMENTO SIMULADO PELO MAXITORA®; V. MS = VOLUME DE MADEIRA SERRADA (M3); V. TORA = VOLUME DA TORA (M3)

FONTE: Statgraphics Centurion

5.3.5 Comparativo das médias de rendimento e ajuste de equação de regressão considerando as toras das linhas 1 e 2

A Tabela 28 apresenta o resumo da análise de variância comparando os rendimentos médios das linhas 1 e 2, os quais apresentaram diferenças estatisticamente significativas a 95 % de probabilidade pelo teste F.

TABELA 28 - RESUMO DA ANÁLISE DE VARIÂNCIA COMPARANDO OS RENDIMENTOS DAS LINHAS 1 E 2

Fonte de variação	GL	Quadrado Médio	F
Linhas	1	4251,83	100,13**
Resíduo	67	42,4623	
Total	68		

FONTE: O autor (2008)

A Tabela 29 apresenta os resultados médios de rendimentos das linhas estudadas em que se verifica, pelo teste de Tuckey a 95% de probabilidade, que a linha 2 (51,21%) apresentou valor médio superior ao da linha 1 (35,22%). Esse resultado foi esperado, pois toras com maiores diâmetros tendem a apresentar rendimentos mais altos ao considerar as mesmas características de desdobro.

TABELA 29 - TABELA DE TESTE DE MÉDIA COMPARANDO OS RENDIMENTOS DAS LINHAS 1 E 2

Linha	Média
1	35,22 b
2	51,21 a

FONTE: O autor (2008)

Foram geradas equações de regressão para as linhas estudadas sendo observado os valores de r^2 para as linhas 1 e 2 de 93,64% e de 97,06% respectivamente. A Tabela 30 mostra as variáveis independentes com dependência entre si e explicam, com um $r^2 = 98\%$, os rendimentos estimados.

TABELA 30 - ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO MODELO AJUSTADO PARA AS TORAS DESDOBRADAS DENTRO DAS LINHAS ESTUDADAS

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio	F	P
Modelo	5	1371,74	362,91	0,0000
Residual	63	3,77983		
Total	68			

FONTE: O autor (2008)

Buscou-se ajustar uma equação comum para as duas linhas, porém esta união pouco contribuiu para um melhor rendimento estimado o que mostrou que o ajuste deve ocorrer distintamente entre as linhas (FIGURA 59).

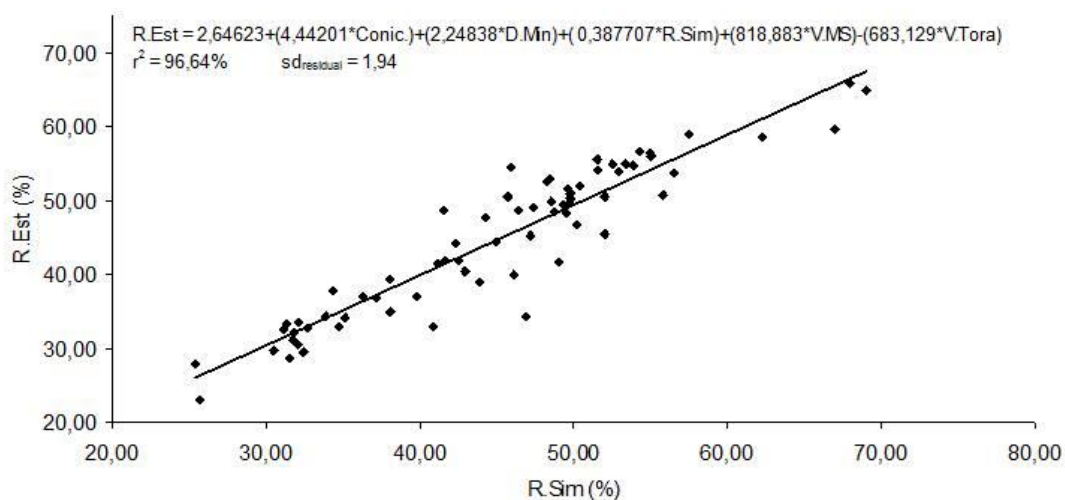


FIGURA 59 - EQUAÇÃO DE REGRESSÃO AJUSTADA PARA A LINHA 2 SENDO: R. EST = RENDIMENTO ESTIMADO (%); CONIC. = CINICIDADE DA TORA D.MIN = DIÂMETRO DA PONTA FINA (CM); R.SIM – RENDIMENTO SIMULADO PELO MAXITORA®; V.MS = VOLUME DE MADEIRA SERRADA (M3); V.TORA = VOLUME DA TORA (M3)

FONTE: Statgraphics Centurion

Murara Jr. (2005) encontrou coeficientes de determinação para ajuste das equações para estimativa de rendimento em madeira serrada convencionalmente de 63,85%, e para madeira serrada de acordo com os modelos propostos de 99,23%. O valor encontrado para os modelos propostos de Murara Jr; 2005 foi maior que os obtidos neste trabalho, sendo os coeficientes de determinação (r^2) da linha 1 de 95,35%, da linha 2 de 94,37% e comum de 96,64%. Esse valor maior é explicado pela reprodução fiel dos modelos propostos, o que não ocorreu nas linhas 1 e 2 estudadas, em função dos fatores como mal posicionamento da tora nas serras no momento do corte, dos defeitos apresentados pelas mesmas, sendo este não considerado no trabalho citado de Murara Jr. (2005) e erros do operador terem afetado a reprodução dos modelos. Entretanto, verifica-se que, mesmo com os problemas encontrados, a dispersão dos dados foi baixa.

Ressalta-se que o programa foi bem sucedido na sua aplicação, mostrando de forma clara que os modelos propostos foram ideais para o “*layout*” estudado, sendo suas variações decorrentes da falta de automação e de preparo dos operadores na tomada de decisão. O programa mostrou ainda que os modelos propostos devem, dentro das possibilidades da empresa, serem seguidos pois

garantiu os melhores resultados, mesmo com a subestimativa dos rendimentos estimados devido a utilização da ponta grossa na simulação, o que previa um volume maior da tora pois o programa não considerou a conicidade apresentada nas toras.

6 CONCLUSÕES

De acordo com o comparativo entre os modelos propostos pelo programa e realizados na serraria conclui-se que:

- a) o programa pode ser utilizado na indústria devido a adaptação do “*layout*” em relação ao programa;
- b) o programa se mostrou importante na simulação dos modelos e na verificação dos problemas que influenciaram a reprodução dos modelos propostos;
- c) o programa foi adequado para as classes de diâmetros estudadas nas linhas 1 e 2;
- d) o programa mostrou por meio do rendimento que novas classes e novas dimensões devem ser inseridas, adequando-se o “*layout*” ao programa;
- e) os modelos propostos pelo programa geraram um maior rendimento em relação ao modelos reproduzidos pela empresa;
- f) o posicionamento da tora no corte associado aos defeitos e a erros de operação impediram a reprodução dos modelos propostos;
- g) os modelos propostos pelo programa apresentaram rendimentos superiores que os modelos correspondentes obtidos na serraria;
- h) deve-se reduzir a amplitude das classes diamétricas para obter o máximo de aproveitamento do programa.
- i) A empresa deve se adaptar às características do programa para o melhorar seus parâmetros técnicos.

De acordo com os resultados obtidos nos comparativos de rendimentos conclui-se que:

- a) o programa não considera a conicidade das toras nos cálculos de rendimento prevendo valores subestimados;
- b) a linha 2 apresentou rendimento maior que a linha 1;

- c) deve-se utilizar as equações geradas para cada linha e comum nas duas linhas estudadas;

7 RECOMENDAÇÕES

De acordo com as conclusões do presente trabalho recomenda-se:

Inserir no *“layout”* da empresa um orientador de toras, o que permitirá um posicionamento correto da tora nas serras que compõem o *“layout”*, retirando assim costaneiras simetricamente dispostas e conseqüentemente um melhor desdobro do semibloco, evitando-se retilos nas peças serradas decorrentes desta falta de orientação e agravados nos defeitos, estes considerados na nova classificação de diâmetros como mostrado acima. Essa alteração no *“layout”* permitirá que as peças serradas apresentem dimensões dentro dos padrões da empresa.

A redução de amplitude das classes de diâmetros, o que reduzirá o número de modelos propostos e os problemas encontrados devido a tomada de decisão. Para as novas classes de diâmetro recomendadas foi considerada uma porcentagem média de defeitos de 2%, sendo a média de conicidade de 0,57% e abaulamento de 0,30% na classe 1 e de 0,54% para conicidade e 0,69% de abaulamento na classe 2 da linha 1. Procurou-se ser mais conservador na definição desta porcentagem de defeitos na nova classificação das classes de diâmetros, pois os defeitos na superfície rolante, conforme mencionado não foram mensurados. Para os modelos propostos na nova classe de diâmetro 1 da linha 1 o programa propôs apenas 2 modelos, reduzindo assim a possibilidade de erros na tomada de decisão do operador na serraria. Verifica-se que houve uma redução na variação do rendimento estimado pelo programa, melhorando as decisões na serraria (FIGURA 60).

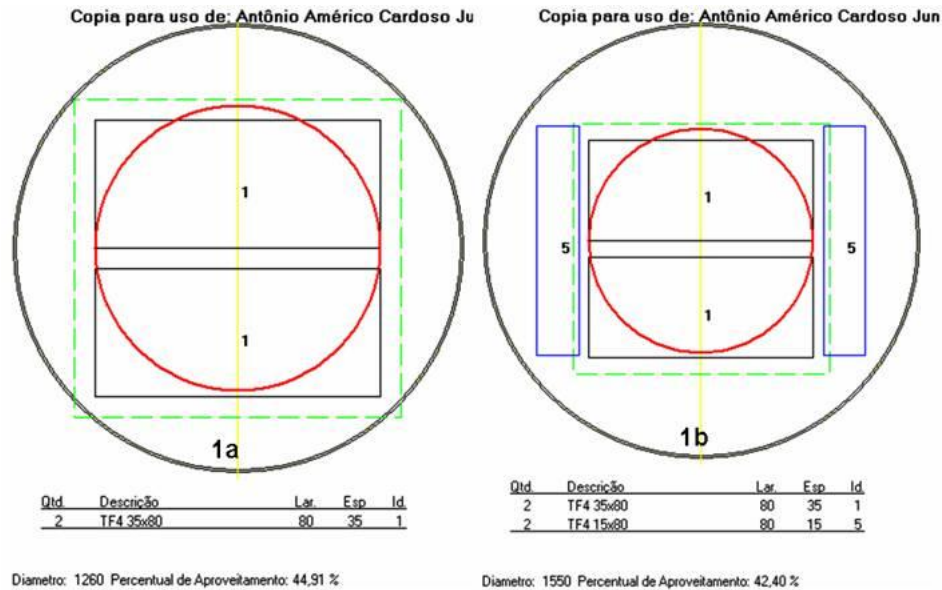


FIGURA 60 - NOVA CLASSIFICAÇÃO DE DIÂMETROS PARA A LINHA 1 COM OS NOVOS MODELOS PROPOSTOS PELO PROGRAMA PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO (126 MM A 155 MM) E OS RESPECTIVOS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Para a nova classificação para a segunda classe de diâmetro da linha 1 os modelos apresentaram uma maior variação em relação ao anterior, entretanto em menor quantidade do que a observada na classificação atualmente utilizada na serraria. O modelo 2a foi também proposto na classe anterior, o que gera uma sobreposição de modelos, porém sugere-se na prática que o modelo 2a não seja utilizado, assim como para todos os modelos que se encontrarem no início e fim de cada grupo de modelos propostos por classe de diâmetro recomendada, podendo ocorrer a necessidade de algumas peças serem refiladas, porém em menor proporção que os refilos encontrados no presente trabalho. Diante do exposto, para a segunda classe de diâmetro da linha 1 recomenda-se utilizar os modelos 2b e 2c. Com relação ao modelo 2d, mesmo o programa ter estimado um maior valor de rendimento, em consequência da média de defeitos este valor dificilmente poderia ser alcançado (FIGURA 61).

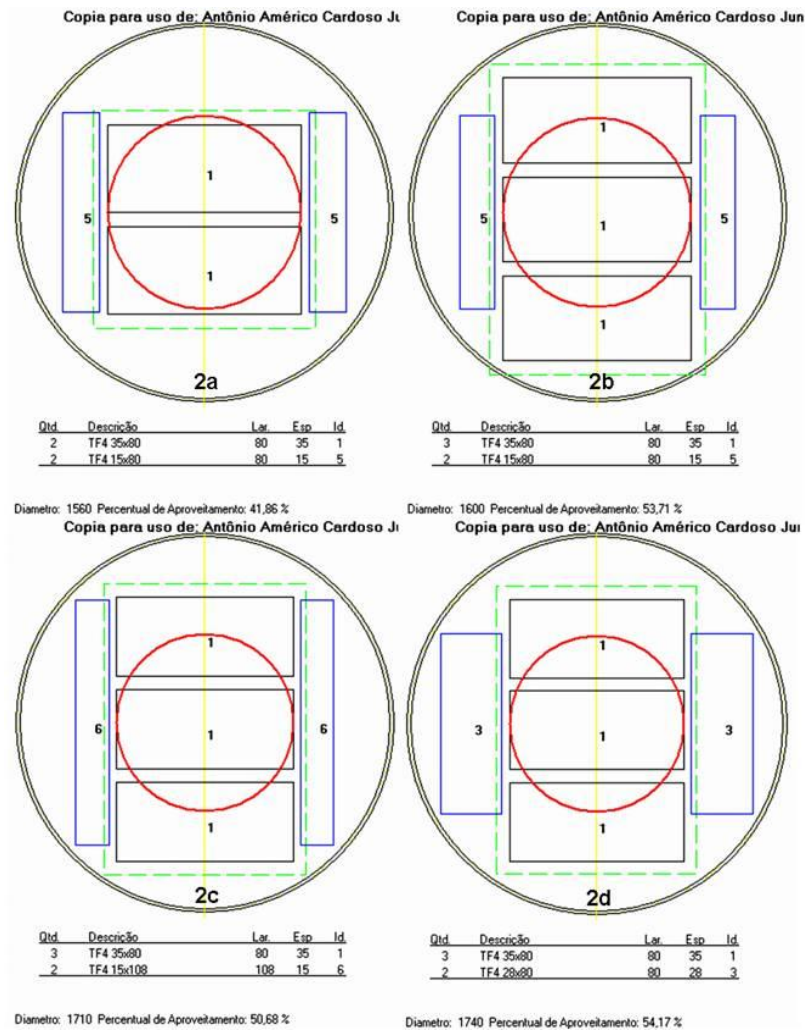


FIGURA 61 - NOVA CLASSIFICAÇÃO DE DIÂMETROS PARA A LINHA 1 COM OS NOVOS MODELOS PROPOSTOS PELO PROGRAMA PARA A SEGUNDA CLASSE DE DIÂMETRO (156 MM A 185 MM) E OS RESPECTIVOS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Nos modelos propostos para a terceira classe de diâmetro da linha 1, de acordo com a nova classificação verifica-se que o modelo 3a também foi proposto para a classe anterior, o que em um primeiro momento mostra uma sobreposição de modelos entre as classes. Os modelos 3b e 3c se diferenciaram na presença de uma peça a mais no semibloco e o modelo 3c, com relação ao modelo 3d diferenciou na retirada de uma peça a mais na costaneira. Entretanto, com relação as dimensões, a diferença foi verificada apenas no modelo 3d, em que foi retirada duas peças com dimensão de 15x80 mm. Diante do exposto, torna-se viável, neste caso o uso dos modelos 3b e 3c. O primeiro por não alterar de forma muito acentuada dos demais modelos e o segundo em função de uma maior possibilidade de reprodução, pois foi

proposto para as toras com maiores diâmetros na classe, o que permite um maior rendimento. Com a utilização de um orientador de toras, o operador terá uma melhor visão das duas possibilidades propostas, o que reduz o risco de erros (FIGURA 62).

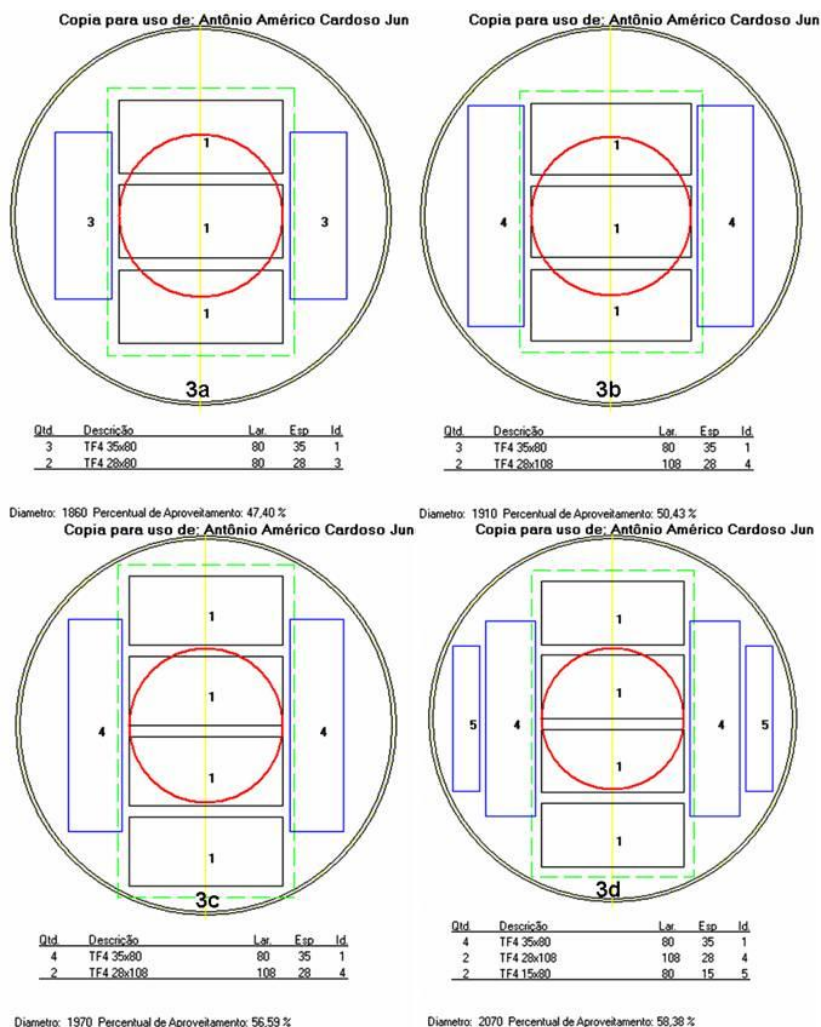


FIGURA 62 - NOVA CLASSIFICAÇÃO DE DIÂMETROS PARA A LINHA 1 COM OS NOVOS MODELOS PROPOSTOS PELO PROGRAMA PARA A TERCEIRA CLASSE DE DIÂMETRO E OS RESPECTIVOS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

Recomenda-se que a constante troca de operador seja reduzida e que os operadores passem por um treinamento, mostrando a importância de seguir os modelos propostos pelo programa, aumentando assim a sua capacitação, o que irá contribuir para tomadas de decisão mais adequadas durante o processo de desdobro.

Recomenda-se para a linha 2 a redução de amplitude de classes como na linha 1, iniciando a classe de diâmetro de 216 a 245 mm deverá ser a primeira classe de diâmetro da linha 2 estudada, para se obter um maior aproveitamento da tora. Os modelos que deverão ser utilizadas nesta nova primeira classe de diâmetro da linha 2 deve-se adotar os modelos 4a, 4b e 4c por apresentarem o melhor rendimento (FIGURA 63).

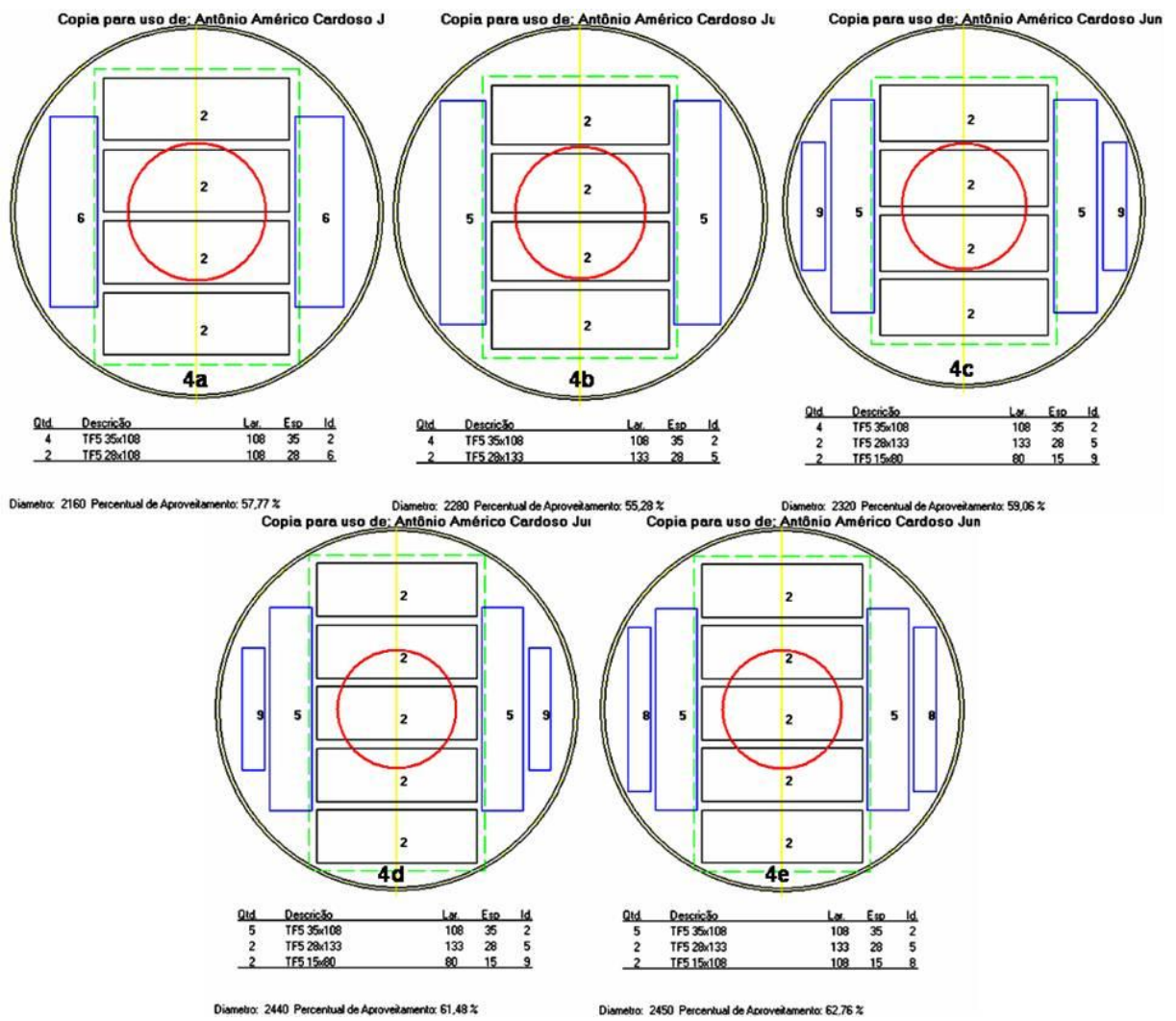


FIGURA 63 - NOVA CLASSIFICAÇÃO DE DIÂMETROS PARA A LINHA 2 COM OS NOVOS MODELOS PROPOSTOS PELO PROGRAMA PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO E OS RESPECTIVOS RENDIMENTOS
 FONTE: MAXITORA®, 2008

A segunda classe de diâmetro da linha 2, (246 a 275 mm) apresentou peças dispostas lado a lado nas costaneiras, o que não será possível de desenvolver na serraria em função do “*layout*” da empresa. Sendo assim, sugere-se para a segunda classe a utilização de dimensões maiores no semibloco, com dimensões de 41x138 mm, o que evitará a presença deste tipo de situação (FIGURA 64). Observa-se que no modelo 5e houve a retirada de peças dispostas lateralmente ficando este defeito localizado no limite superior da classe de diâmetro, podendo ser assim eliminado do processo sem causar prejuízos, caso o mesmo estivesse situado na posição intermediária da classe. Diante dos modelos apresentados, sugere-se utilizar nesta classe somente os modelos 5b, 5c e 5d devido a pouca variação entre eles. A decisão do operador ficará concentrada apenas nas larguras finais de 108 ou 133 mm nas peças das costaneiras de 15 mm e 28 mm de espessura com larguras de 133 e 158 mm, e não concentrada apenas na retirada dos refilos, o que poderá em alguns casos obter peças com larguras fora dos padrões da empresa. Os modelos 5e e 5f apresentaram diâmetros muito próximos, 272 e 273 mm respectivamente, o que dificulta a tomada de decisão e amplia a possibilidade de perda de rendimento e de qualidade dimensional das peças retiradas.

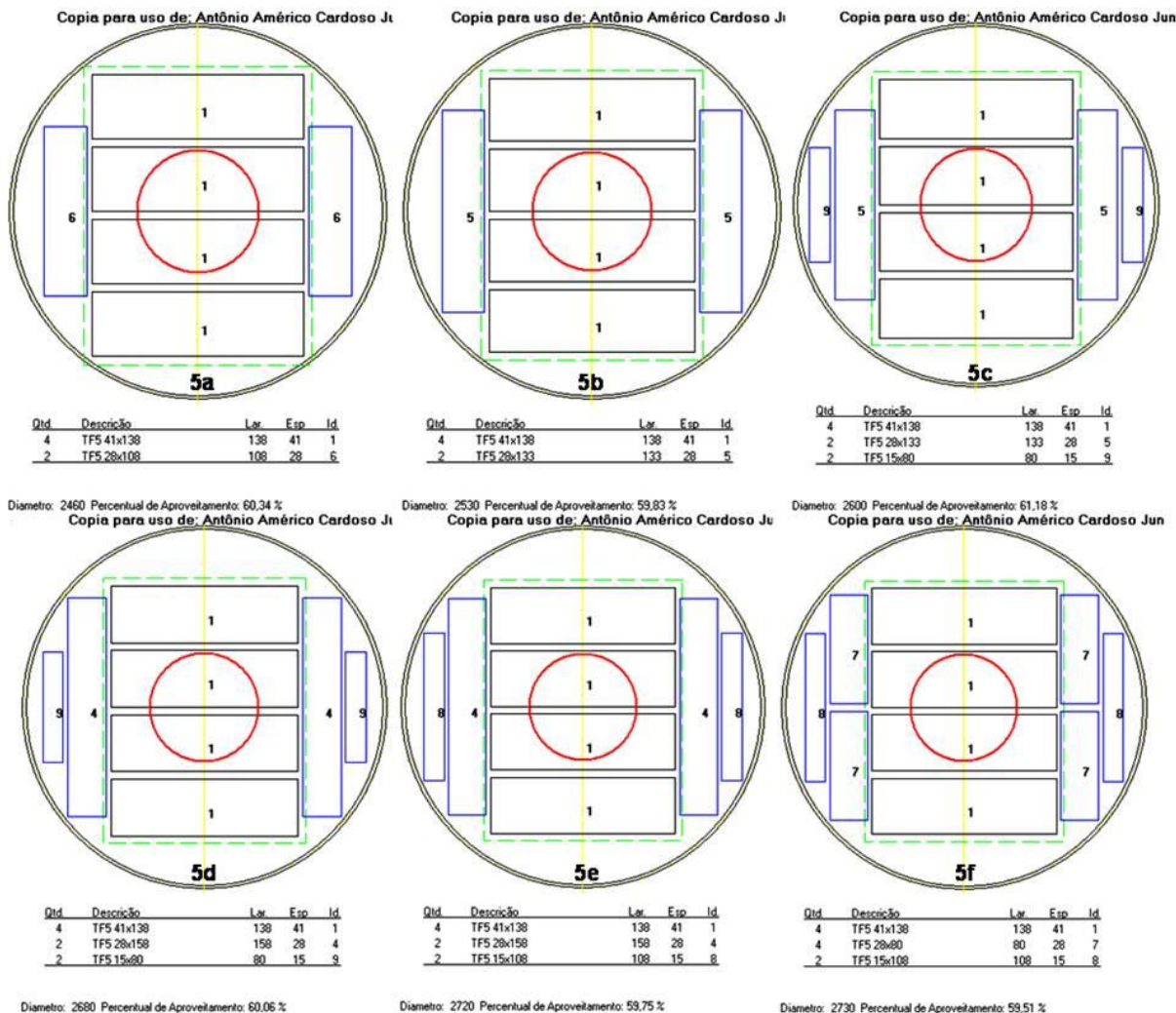


FIGURA 64 - NOVA CLASSIFICAÇÃO DE DIÂMETROS PARA A LINHA 2 COM OS NOVOS MODELOS PROPOSTOS PELO PROGRAMA PARA A PRIMEIRA CLASSE DE DIÂMETRO E OS RESPECTIVOS RENDIMENTOS
FONTE: MAXITORA®, 2008

Conforme demonstrado nos modelos propostos pelo programa, uma terceira classe de diâmetro para a segunda linha, considerado as dimensões principais da empresa, não seria viável, entretanto, a retirada de dimensões maiores permitirá um maior e melhor aproveitamento das toras. Com essa nova classificação de diâmetro, eliminou-se a sobreposição de classes entre as linhas e reduziu o número de modelos propostos.

Recomenda-se inserir na sua linha de produção sistemas orientadores de toras que permitam ajuste de posicionamento da tora nas serras, pois como observado nos resultados apresentados, as toras desdobradas com posicionamento correto nas duas serras foram as que mais se aproximaram dos modelos propostos

para o seu desdobro com um rendimento maior. Este sistema deverá ser inserido antes da serra fita dupla e antes da serra circular múltipla. Um scanner para leitura da tora não seria necessário, pois a sua inclusão aumentaria muito o custo de automação, onde a nova amplitude de classe de diâmetro sugerida pode ser suficiente para a indústria se adequar às condições do programa.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAF **Anuário estatístico** da ABRAF : ano base 2005. ABRAF, Brasília, 2006. 80p. il.

ASSINI, J. L.; YAMAZOE, G.; MONTAGNA, R.G. Processamento mecânico de madeiras de *Pinus* de pequenas dimensões. **Boletim técnico Instituto Florestal**, São Paulo n.33, p.1-17, 1984. São Paulo.

AUNE, J.E. System simulation-a technique for sawmill productivity analyses and designs. **The Forest Chronicle**, p.66-69, April 1974.

BIASI, C.; ROCHA, M. P. Rendimento em serraria de *Pinus elliottii*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 8., 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2003.

BORGES, A.S. *et al.* Considerações energéticas e econômicas sobre resíduos de madeira serrada em serraria. In 1^o CONGRESSO FLORESTAL PAN-AMERICANO E 7^o CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (1993: Curitiba). Anais. Curitiba-PR: SBS – SBEF; 603-606 p. 1993.

BRDE (Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul), Florestamento da Região Sul do Brasil – uma análise econômica). 2003. 51p. il. Porto Alegre-RS.

ELEOTÉRIO, J.K.; STORCK, L.; LOPES, S.J. Caracterização de peças de madeira produzidas em serraria visando o controle de qualidade. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.6, n.1, p.89-99. 1996.

FERREIRA, S.; LIMA, S.T.; ROSADO, S.C. da S.; TRUGILHO, P.F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Revista Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 10-21, jan./jun. 2004.

FONTES, P. J. P. **Auto-suficiência energética em serraria de Pinus e aproveitamento dos resíduos**. Curitiba, 1994. 104f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

GATTO, D.A.; SANTINI, E.S.; HASELEIN, C.R.; DURLO, M.A. Qualidade da madeira serrada na região da Quarta Colônia de Imigração Italiana do Rio Grande do Sul **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 223-233. 2004.

GOMIDE, J. L. **Serraria**. Viçosa, UFV, Imp. Univ., 1973. 119p.

HOCHHEIN, N.; MARTIN, P. Influencia da qualidade das toras no processo de fabricação, rendimento, custo e rentabilidade da madeira serrada. In: 1º CONGRESSO FLORESTAL PAN-AMERICANO E 7º CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO (1993: Curitiba). Anais. Curitiba, PRÇ SBS-SBEF, 644-646 p. 1993.

JANKOWSKY, I. P. Madeira juvenil formação e aproveitamento industrial. **Circular Técnica**, n.81, 15p.Dez/1979.

KOTH, M.R. Programação linear para a elaboração do plano mestre de produção na serraria de móveis. Curitiba/PR, 2005, 92p. (Dissertação-Mestrado em Ciências)

LEITE, H. G. **Conversão de troncos em multiprodutos da madeira, utilizando programação dinâmica**. Viçosa, MG, 1994. 230p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa.

LEUSCHNER, W.A. **Introduction to forest resource management**. New York, John Willey & Sons, 1984. 298p.

MACHADO, S. A.; E SCHOPPER, W. Estimativa volumétrica da madeira serrada como instrumento de apoio às tomadas de decisões de investimento na utilização de plantações de *Pinus*. IN: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 4º, Belo Horizonte, 1982. Anais... São Paulo, SBS, 1982. p. 657 a 680.

MARTINI, E. L. & BARBOSA L. N. Planejamento Florestal: A importância e da aplicação da programação linear. IN: ENCONTRO BRASILEIRO DE ECONOMIA FLORESTAL: 1. Proceedings. Curitiba: 1988. p. 545-74.

MENEZES, L. F. Desdobro, secagem e beneficiamento da madeira de eucalipto: experiência da Flosul. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1. E ENCONTRO SOBRE TECNOLOGIAS APROPRIADAS DE DESDOBRAMENTO, SECAGEM E UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO, 1., 1998, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: SIF/UFV/DEF, 1998. p 261-265.

MOOSMAYER, H. Técnicas modernas de desdobro de Pinus com aproveitamento de resíduos. **Revista Silvicultura**, v.35, no 4, 1983, p. 7-12. São Paulo.

MURARA JR., M.I.; ROCHA, M.P. da; TIMOFEICZYK JR., R. Rendimento em madeira serrada de *Pinus taeda* para duas metodologias de desdobro. **Revista Floresta**, Curitiba, PR, v. 35, n. 3, set./dez. 2005.

MURARA JR., M.I. **Desdobro de toras de pinus utilizando diagramas de corte para diferentes classes diamétricas**. Curitiba-PR 67 p.(Dissertação-Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná.

PONCE, R. H. Tecnologia de desdobro de pinus e eucaliptos a busca da competitividade. In: SIMPÓSIO FLORESTAL DO RIO GRANDE DO SUL – TECNOLOGIA DA MADEIRA, 2., 1992, Esteio. **Anais...** Santa Maria: UFSM/AGEFLOR/CEPEF/FATEC, 1992. p. 154-162.

PONCE, R. H. Novas tecnologias de desdobro e beneficiamento de madeira: a busca da competitividade. In: ANAIS DO 7^o CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO. Curitiba: SBS e SBEF, p. 310-314. 1993

REID, J. **Saatech Calculator** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <systems@saatech.com.au > em 18 out. 2008.

REMADE, **Fonte de pesquisa da madeira**. Disponível em:<<http://www.remade.com.br>> Acesso em: 10 dez 2003.

ROCHA, M. P. “*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serraria”. 2000. 185 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ROCHA, M. P. **Técnicas e planejamento em serrarias**. Série Didática Fupef, Curitiba, 02/01, 121p., 2002

ROCHA, M. P. “*Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria-prima para serraria”. 2000. 185 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ROCHA, M. P. Otimização no desdobro de toras de pinus. **Revista da Madeira**. Ano 14. 2004. 83. Site: <http://www.remade.com.br/revista/materia.php?edicao=83eid=611>. Acesso: 15/12/2004.

RODRIGUEZ, L.C.E. **Planejamento agropecuário através de um modelo de programação linear não determinista**. Piracicaba-SP, 1987. 180 p. Dissertação (Mestrado em Ciências). ESALQ.

SCOLFORO, J. R. S.; ACERBI JR, F. W.; OLIVEIRA, A. D. de; MAESTRI, R. Simulação e avaliação econômica de regimes de desbastes e desrama para obter madeira de *Pinus taeda* livre de nós. **Revista Ciência Florestal**, Santa Maria, v.11, n.1, p.121 a 139. 2001.

STEELE, P.H. Factors determining lumber recovery in sawmilling. Madison, United States Department of Agriculture, Forestry Service, 1984. 8p. (Genetics technical Report, FPL-39.

VERMAAS, H. F. Drying eucalypts for quality: material characteristics and optimization of drying quality. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1., 1995, São Paulo. **Anais...** Piracicaba: IPEF/IPT, 1995. p. 119-132.

VIANNA NETO, J. A. Considerações básicas sobre desdobro de *Pinus* spp. *Silvicultura*, São Paulo, v. 9, n. 34, p.15-19, 1984. SEMADER - Seminário sobre processamento e utilização de madeiras de reflorestamento, 1., 1984 São Paulo.

WILLISTON, E. M. Lumber Manufacturing. The design and operation of sawmill and planes mills. São Francisco, Miller Freeman, 1976. 512p.

WIPIESKI, C. J.; LOPES, F. S.; OLIVEIRA JR, R. Siscorte: uma ferramenta de otimização de desdobro. **STCP Informativo**. 2002, n.6. p. 22 a 24. Curitiba-PR.