



DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS PECUÁRIOS A PARTIR DO REAPROVEITAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS E FIBRAS VEGETAIS

Fabio Alves Barbosa^a, José Augusto Marcondes Agnelli^b, Cesar Augusto Scheide^c, Abdimar Moreno^a, Suzan Aline Casarin^b, Walter Roberto Hernández Vergara^c

^aUniversidade Federal da Grande Dourados, ^bUniversidade Federal de São Carlos, ^cUniversidade de São Paulo

Resumo

O presente trabalho discute o desenvolvimento e projeto de três produtos pecuários e respectivos processos de manufatura – os produtos são fabricados de materiais compostos végeto-poliméricos obtidos de uma combinação de resíduos de filmes plásticos e fibras vegetais. Este artigo se refere a um projeto de inovação tecnológica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Programa de Formação de Recursos Humanos em Áreas Estratégicas (CNPq-RHAE). As atividades de pesquisa foram realizadas em parceria entre duas universidades federais brasileiras e um fabricante de embalagens plásticas flexíveis e possibilitou a elaboração de um plano para implantar uma nova unidade de negócios. Por fim, a nova unidade fabril está alinhada com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010), permitindo agregar valor aos resíduos industriais para produzir novos produtos pecuários.

Palavras-chave: resíduos plásticos industriais; compósitos végeto-poliméricos; desenvolvimento de produtos pecuários.

1. INTRODUÇÃO

O atual modelo de concorrência interfirmas preconiza um paradigma de disponibilização ágil de produtos (bens e/ou serviços) e aceleração do consumo em escala mundial, que traz como consequência natural elevados níveis de consumo de recursos materiais e energéticos. Schumpeter *et* McDaniel (2009) consideram que as organizações que buscam aumentar resultados financeiros devem desenvolver novos produtos e processos tecnologicamente aprimorados para obterem vantagens comparativas em custos, qualidade e entregas, o que permite alcançar maior margem em relação aos preços de mercado e, dependendo da elasticidade da demanda, combinar preço mais baixo com maior margem em relação aos concorrentes diretos, de modo a obter maior participação de mercado, lucratividade e defesa de posições competitivas.

Nesse sentido, o PNUMA (2011) apresentou um relatório para a Organização das Nações Unidas (ONU) com previsões que apontam uma triplicação no consumo de recursos naturais até 2050, o que sugere um colapso no fornecimento

de matérias-primas e energia às indústrias de transformação. Conclusivamente, o modelo econômico não é sustentável em longo prazo, uma vez que o consumo de recursos naturais ocorre em velocidade maior que a produção de matérias-primas e insumos. Assim, faz-se necessário a utilização inteligente dos recursos para se evitar desperdícios e focalizar o reaproveitamento/reinserção na cadeia produtiva de subprodutos, resíduos de processos e materiais de pós-consumo.

A pós-utilização de resíduos industriais tem sido tema de diversas pesquisas aplicadas, sendo que a mesma apresenta importância não somente do ponto de vista ambiental, mas do aspecto socioeconômico, uma vez que permite agregar valor a estes materiais através do desenvolvimento de novos produtos concebidos a partir do conceito de sustentabilidade nos negócios. De acordo com Paixão, Roma e Moura (2011), a produção brasileira anual de resíduos sólidos industriais é estimada em torno de cem milhões de toneladas, sendo que o tratamento ambientalmente adequado desses



rejeitos constitui um dos pontos da Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal n. 12.305/2010), que tem como principais considerações:

- A adoção de padrões sustentáveis de produção e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos gerados nos processos produtivos e instalações industriais através de práticas de reutilização, reciclagem e recuperação;
- O desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e organizacional para melhoria de processos produtivos e reaproveitamento de resíduos na própria estrutura de produção original e/ou redirecionados a outras cadeias produtivas;
- O incentivo à pesquisa científico-tecnológica e à cooperação técnica-financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de novos produtos, processos e tecnologias limpas para minimização de impactos ambientais;
- O estímulo ao desenvolvimento, fabricação e disponibilização ao mercado de produtos oriundos de materiais reaproveitados.

A intensa competição interfirmas, caracterizada por rápidas mudanças tecnológicas, produtos com curtíssimos ciclos de vida e consumidores/usuários cada vez mais exigentes, força as organizações a desenvolverem/projetarem produtos com conteúdos tecnológicos inovadores disponibilizados a preços médios de mercado sem grandes margens de contribuição unitárias (Clark *et Wheelwright*, 1993). Assim, os produtos manufaturados com materiais reaproveitados a partir de tecnologias inovadoras podem aumentar ganhos financeiros das organizações produtivas, evitando gastos com complicadas atividades de reprocessamento externo e práticas de descarte ambientalmente seguro.

Para OECD (2005), as atividades inovativas ligadas ao desenvolvimento e aprimoramento tecnológico de produtos e processos devem estar integradas à própria estratégia competitiva da organização fabril. Há mais de duas décadas Clark *et Wheelwright* (1993) já apontavam a intensa concorrência industrial devido às constantes mudanças nas expectativas/necessidades dos clientes e a acelerada evolução de tecnologias, materiais e processos, perfazendo a força motriz que impulsiona o desenvolvimento de produtos (bens e/ou serviços) com rapidez e orientação aos mercados consumidores segmentados. Já Cheng (2000) destaca que o desenvolvimento de produtos decorre de uma permanente busca pelo alinhamento entre necessidades/exigências dos clientes finais, oportunidades de negócio, possibilidades de tecnologia e competências centrais da organização a partir de

um horizonte de planejamento que permita a sobrevivência e o desenvolvimento empresarial.

O uso racional de materiais reciclados segue a filosofia de sustentabilidade produtiva (socioeconômica, ambiental e energética), sendo viabilizada através dos métodos de produção mais limpa (P+L). O desenvolvimento sustentável, segundo Rossini *et al.* (2008), está atrelado ao emprego de tecnologias de processo e produto que possibilitem a realização de estratégias socioeconômicas, ambientais e tecnológicas integradas, visando otimizar o uso de matérias-primas, água e energia.

O objetivo principal deste trabalho foi realizar atividades inovativas para o desenvolvimento/projeto de três produtos destinados à criação e manejo de bovinos (equipamentos para alimentação e suplementação bovina), bem como delinear o macroprocesso de um sistema de manufatura de perfilados contínuos feitos a partir de compósitos végeto-poliméricos (combinação de resíduos plásticos industriais e fibras vegetais da indústria sucroalcooleira), que devem ser usados no processamento dos referidos produtos. A tríade “materiais compostos – produtos pecuários – sistema de produção sustentável” fundamentou, portanto, a implantação de uma nova unidade fabril anexa à indústria de embalagens plásticas flexíveis, que opera na Região da Grande Dourados/MS.

O desenvolvimento/projeto de produtos pecuários e respectivos processos de manufatura teve como pressuposto fundamental a agregação de valor em resíduos plásticos industriais e fibras vegetais de reforço oriundas de atividades sucroalcooleiras regionais, possibilitando a geração de trabalho e renda para a população local. Para o MCTI (2012), a produção sustentável é dependente do aprimoramento consistente de produtos e processos baseados no conceito de produção mais limpa e na estruturação de cadeias de reciclagem em consonância com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, em que o desenvolvimento regional sustentável deve ser apoiado em competências e recursos localmente disponíveis.

Nesse sentido, Smith *et Ball* (2012) apontam que uma organização produtiva sustentável é aquela que busca tornar seus processos de negócio economicamente viáveis, ambientalmente seguros e promotores de bem-estar social. Desse modo, as estratégias, planos de ação e decisões devem contemplar o atendimento do “tripé da competitividade sustentável” (econômico, social e ambiental). Dues, Tan e Lim (2011) mencionam que os projetos industriais voltados à sustentabilidade são caracterizados por incorporarem conceitos e metodologias referentes à responsabilidade social, melhores práticas de governança corporativa, ecoeficiência, análise do ciclo de vida de produtos e processos, programas de “emissão zero”, gerenciamento ambiental certificado e produção mais limpa.



Por fim, crescentes demandas da cadeia do agronegócio por novos produtos, processos e serviços podem fomentar outros segmentos produtores de matérias-primas/insumos, bens de consumo/capital e fornecedores de serviços tecnológicos de alto valor agregado, incentivando a diversificação da base produtiva nacional e a consequente ampliação das condições para inclusão produtiva e sustentabilidade dos novos empreendimentos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Processo de desenvolvimento do produto

O Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) representa as atividades que levam ao estabelecimento de uma linha de produtos novos e/ou modificados, disponibilizados ao mercado ao longo do tempo, incluindo a geração de oportunidades, seleção e transformação destas em bens e/ou serviços disponibilizados aos consumidores finais (Loch et Kavadias, 2008). Rozenfeld et al. (2006) e Krishnan et Ulrich (2001) defendem que o PDP é iniciado pela identificação dos requisitos dos clientes, avaliação de estratégias competitivas/funcionais e análise de possibilidades tecnológicas, restrições e recursos necessários às atividades de desenvolvimento e projeto.

Para Ulrich et Eppinger (2011), o desenvolvimento do produto abrange atividades iniciadas com a percepção de uma oportunidade de mercado, produção, venda e distribuição de um produto. Wang, Gou e Liu (2012) definem as oportunidades de mercado como sendo as situações nas quais novos bens, serviços, matérias-primas e métodos organizacionais são introduzidos e vendidos a preços substancialmente mais elevados do que os referidos custos de produção, sendo que a descoberta e exploração de oportunidades podem ser interpretadas como atividades inovativas e empreendedorismo – consequentemente, novos bens tangíveis e serviços são considerados como a ‘representação física das oportunidades de mercado’.

A complexidade do desenvolvimento de novos produtos é abordada por Baxter (2011), afirmando que o mesmo representa uma atividade complexa que requer pesquisas, planejamento cuidadoso, controle meticuloso e métodos sistemáticos. A divisão do processo de desenvolvimento do produto deve ser realizada a partir da configuração de um modelo fundamentado em etapas interdependentes, ressaltando a relevância do planejamento e controle de qualidade do PDP – sob esse aspecto, o conteúdo intrínseco de cada uma das etapas poderia ser adaptado segundo a natureza do produto e da organização produtiva.

Nesse sentido, Back et al. (2008), Chen et al. (2008) e Akgun, Lynn e Yilmaz (2005) dissertam sobre o conteúdo eminentemente estratégico do processo de desenvolvimento do produto a partir do uso de processos inovadores de aprendizagem e métodos de gestão de conhecimentos necessários à realização de atividades organizacionais complexas com o propósito de se obter diferenciação tecnológica, estética e/ou funcional em novos produtos ou mesmo para o reposicionamento de produtos já comercializados. Por fim, o PDP também pode ser considerado como processo gerencial, estratégico-racional e metodológico para se estabelecer um conjunto de atividades inovativas a serem realizadas, cronogramas rígidos, equipes responsáveis e comprometidas, tecnologias e aporte de recursos financeiros.

2.2. Metodologia de desenvolvimento do produto de Clark e Wheelwright

A clássica ‘Estrutura Estratégica para Desenvolvimento de Produtos’ proposta por Clark et Wheelwright (1993) abrange cinco fases: (1) desenvolvimento do conceito (definição de oportunidades e mercado-alvo, possibilidades técnicas, arquitetura do produto e conceito final); (2) planejamento do produto (estudo detalhado do mercado, investimentos, cronogramas, recursos necessários, especificações e construção de modelos); (3) projeto do produto e processo (projeto detalhado do produto e sistema produtivo, prototipagem/testes e desenvolvimento de fornecedores); (4) produção-piloto e *ramp-up* (avaliação/testes de processo e suprimento de materiais, liberação para produção normal e inserção do produto no mercado); (5) introdução do produto no mercado (elevação dos níveis de produção, preenchimento dos canais de distribuição e estabilização do processo). O esquema geral da metodologia de desenvolvimento do produto de Clark et Wheelwright (1993) é exibido na Figura 1.

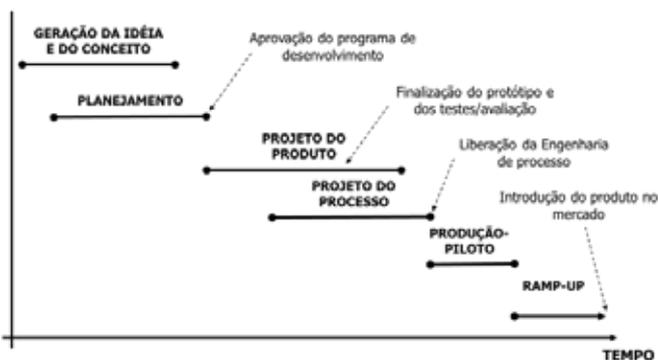


Figura 1. Estrutura estratégica para desenvolvimento de produtos.

Fonte: Clark et Wheelwright (1993).

De acordo com a Figura 1, o desenvolvimento do produto está dividido em diferentes fases que podem ou não ocorrer simultaneamente, dependendo de como o arranjo das ati-



vidades possa beneficiar a diminuição dos custos, utilização de recursos e/ou *leadtimes* envolvidos. Assim, há forte interdependência entre cada uma das fases do desenvolvimento do produto, sendo que o resultado de uma fase é considerado como a base precursora da execução das atividades da fase subsequente – por esse motivo, as decisões tomadas em cada fase se refletem no desenvolvimento do produto como um todo.

As duas primeiras fases da metodologia se referem ao desenvolvimento do conceito e planejamento do produto, nas quais são realizadas prospecções de dados/informações sobre oportunidades de mercado, competitividade, viabilidade técnica e requisitos do produto que devem ser combinados na arquitetura do mesmo, incluindo projeto conceitual, públicos-alvo, nível de desempenho desejado, investimentos e impactos econômico-financeiros. Nesse sentido, há uma preocupação com o compartilhamento de itens-chave já desenvolvidos em projetos anteriores, de modo a se criar ‘soluções diferenciadas’ para os novos produtos, com custos viáveis de desenvolvimento e produção.

Ulrich *et* Eppinger (2011) apontam a coleta de dados/informações, posterior identificação e classificação das necessidades dos consumidores, como importantes formas de se obter as particularidades primárias do produto. Uma vez que sejam identificadas as necessidades do público-alvo, estas devem ser traduzidas em especificações para serem usadas na conceituação do produto, que representa inicialmente a descrição aproximada das tecnologias empregadas, princípios de funcionamento, arquitetura e forma/estética. Na visão de Ullman (2009), os conceitos tratam de abstrações controladas do produto, que podem ser apresentadas como diagramas, esboços, modelos simples, cálculos e/ou textos descritivos.

A partir do conceito selecionado, o passo seguinte deve ser a definição de quais serão os componentes do produto e que funções cada um deles deve exercer – esta fase é considerada uma etapa-chave no desenvolvimento do produto, pois nesse momento são tomadas decisões sobre o funcionamento e arquitetura final do produto (Otto *et* Wood, 2001). Já Lee *et* Wong (2011) mencionam que a concepção dos sistemas técnicos e configuração final do produto são obtidas com a realização de testes em pequena escala dos conceitos propostos (modelagem e avaliação), sendo que também podem ser executadas avaliações adicionais com possíveis clientes, culminando com a aprovação do programa de desenvolvimento do produto, buscando integrar três pontos cruciais do PDP: *marketing*, tecnologia e organização.

A fase seguinte, que trata da integração entre a Engenharia do Produto e Processo, aborda o desenvolvimento/projeto detalhado do produto, construção/testes de protótipos, projeto das operações de fabricação e montagem, ferramen-

tas e equipamentos necessários para a produção em escala comercialmente viável. Um aspecto de grande relevância é o ciclo combinado ‘projetar-construir-testar’ para produto/processo (modelos físicos, computacionais e protótipos) – caso os modelos reais e/ou virtuais não atendam às especificações e aos níveis de desempenho desejados, realizam-se alterações e este ciclo é repetido até que se atinjam as especificações propostas para o produto em questão.

Dentro da lógica do PDP, a especificação completa/integrada do produto e do processo produtivo é compreendida como uma importante questão para se obter sucesso de vendas. Nesse sentido, Müller *et* Fairlie-Clarke (2003) propõem um método de auto-avaliação dos novos produtos e processos como forma de se melhorar a possibilidade de sucesso durante a etapa de introdução no mercado, em que se identifica a necessidade de um procedimento não prescritivo para avaliar um processo de desenvolvimento do produto existente ou proposto em um nível detalhado, analisando, no contexto das práticas de excelência mundial, os produtos, processos, procedimentos e mercados atingidos.

Assim, o projeto das operações de fabricação e montagem, aliado ao desenvolvimento de fornecedores, pode ser considerada a fase na qual são estudadas todas as formas possíveis de se obter um produto ao menor custo possível sem sacrificar a dimensão da qualidade. Ullman (2009) considera, portanto, que o maior desafio é selecionar o processo que melhor se adapta à manufatura de cada produto, tendo em vista que para qualquer componente há diversas possibilidades de operações e roteiros produtivos consistentes.

Dessa forma, a obtenção de um produto que respeite as especificações mercadológicas e condições técnicas de desempenho indica o início da fase de produção do lote-piloto, onde há o pressuposto de que os sistemas, subsistemas e componentes desenvolvidos/projetados e anteriormente testados serão normalmente produzidos e avaliados internamente, de forma a se conseguir a validação do novo processo e/ou modificado. A fase final da metodologia de desenvolvimento do produto de Clark *et* Wheelwright (1993) é chamada *ramp-up*, indicando o início da produção comercial do produto, que pode ser a princípio em volume reduzido – o aumento de produção é gradualmente realizado com aumentos escalonados da confiabilidade do processo, fornecedores e distribuidores do produto (atacadistas e varejistas).

3. MATERIAL E MÉTODO DA PESQUISA

3.1. Caracterização da empresa

A INFLEX Indústria e Comércio de Embalagens Ltda., instalada na Região da Grande Dourados/MS, possui certificação



ISO 9001:2008 e Gestão de Resíduos P+L, 200 funcionários e planta fabril de 7.200 m² (área total de 35.000 m²). A firma produz 400 toneladas/mês de embalagens plásticas flexíveis, mono/multilaminadas, impressas em processo flexográfico com tecnologia *gear less, lanners* para fabricação de fitas dupla face e sacos plásticos *stand-up* e *zip*, a partir de filmes extrudados de Polietilenos de Alta Baixa Densidade (PEAD e PEBD), Polietileno Tereftalato (PET), Polipropileno Bi-Orientado e Torção (BOPP e PPT), Poliamida Bi-Orientada (BOPA) e películas metalizadas. Os produtos são destinados a agroindústrias regionais e indústrias localizadas em municípios de todas as regiões geográficas brasileiras.

A produção *job shop* visa atender preferencialmente a carteira de pedidos firmes e inclusões de pedidos de acordo com a disponibilidade de capacidade produtiva, trabalhando com ordens de produção diárias/semanais, com programação firme de quinze dias e horizonte de planejamento mensal executadas pelos aplicativos Microsiga Protheus 11 da Totvs e Preactor 400APS da Preactor International.

O sistema de manufatura é do tipo intermitente baseado em lotes e arranjo físico funcional (departamental). O processo produtivo engloba atividades de desenvolvimento do *layout* e projeto técnico do produto conforme requisitos do cliente, elaboração dos clichês para impressão (fornecedores externos) e produção da embalagem, que contemplam as operações de extrusão/co-extrusão em até três camadas de filmes plásticos, impressão flexográfica, laminação simples e/ou dupla, refilagem de bobinas de embalagens contínuas, corte/soldagem de embalagens individuais (sacos plásticos) e expedição/*follow-up*. A operação de refilagem é a responsável pela geração média de 30 toneladas/mês de aparas plásticas (85% dos resíduos industriais), que são consideradas perdas normais de produção.

3.2. Metodologia e procedimentos adotados

A estrutura metodológica do trabalho segue a lógica de pesquisa aplicada/exploratória que, segundo Gil (2008), Barros *et al.* (2007), tem como premissa a produção do conhecimento através de resultados associados à solução prática de um problema específico a partir de conceitos da literatura. O principal objetivo da pesquisa bibliográfica é a ampliação e domínio do conhecimento disponível para auxiliar na fundamentação de hipóteses e construção de modelos (Lakatos *et al.*, 2010). A referida pesquisa também está baseada na elaboração de um estudo de caso, sendo que Yin (2010) ressalta sua natureza empírica e adequação à investigação de problemas realísticos, principalmente quando os mesmos não estão claramente definidos.

O presente trabalho é decorrente da execução de um projeto de pesquisa CNPq-RHAE, sendo viabilizado através

de cooperação científico-tecnológica entre a INFLEX, Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Os procedimentos adotados para o estudo em questão estiveram baseados na realização das seguintes etapas sequenciais e interdependentes:

- Construção do referencial teórico sobre desenvolvimento e projeto do produto;
- Realização de visitas técnicas a propriedades rurais para estudo e embasamento dos detalhes e condições de aplicação dos produtos propostos;
- Adaptação da metodologia de desenvolvimento do produto proposta por Clark *et al.* Wheelwright;
- Desenvolvimento/projeto detalhado de três produtos pecuários (equipamentos) destinados à alimentação e suplementação de bovinos – cocho estacionário com cobertura; cocho-trenó móvel sem cobertura e equipamento automático para fornecimento de sal mineral.
- Elaboração do plano de macroprocesso, lista de máquinas/equipamentos e planta fabril para delineamento do sistema de produção sustentável.

Como já abordado, o desenvolvimento/projeto dos produtos propostos se baseou em um modelo adaptado da metodologia de Clark *et al.* Wheelwright (1993), que é composto das seguintes etapas e atividades associadas: (1) Conceituação e desenvolvimento de Produtos Agropecuários Regionalizados, que engloba a elaboração da arquitetura (sistemas, subsistemas e componentes) e a realização de estudos técnicos para proposição de conceitos finais dos produtos; (2) Projeto Integrado do Produto e Processo, que aborda o detalhamento técnico dos produtos, desenhos planos e tridimensionais, listas de materiais e delineamento do sistema de produção sustentável.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1. Produtos

Preliminarmente, os requisitos dos três produtos foram baseados em recomendações normativas gerais de centros de pesquisas agropecuária e universidades. Os materiais construtivos empregados são perfilados retilíneos planos de material composto vegetal-polimérico (com larguras de 100 a 500 mm e espessuras de 15 a 30 mm), perfilados maciços de seção retangular (com larguras de 50 a 120 mm e espessuras de 50 a 60 mm) e perfilados maciços de seção quadrada (com seções transversais compreendidas entre 50 a 200 mm), pro-



cessados em extrusoras dupla rosca com dosadores volumétricos separados para alimentação de blendas poliméricas e fibras vegetais micronizadas, degasagem por vácuo e resfriamento em banho de água, corte e separação dos extrudados em equipamentos específicos de linha de frente (serras rotativas, posicionadores e coletores pneumáticos).

O processo de extrusão de termoplásticos apresenta custos relativamente menores em comparação à injeção e termoformagem, elevada flexibilidade na fabricação de produtos com consistentes e variadas seções transversais, além da possibilidade de reaproveitamento de sobras de materiais normalmente descartados por outros processos de conformação de termoplásticos (Manrich, 2005).

Conforme Rodrigues Filho *et Azevedo* (2005), o cocho estacionário com cobertura para alimentação de bovinos também pode ser destinado à acomodação de sal mineral, devendo ser construído preferencialmente de materiais anticorrosivos e elementos de fixação inoxidáveis, bem como possuir proteção contra chuva, insolação e umidade noturna. Desse modo, o projeto foi realizado com base em materiais técnicos baseados em Homma (2006), Rodrigues Filho

et Azevedo (2005), Souza, Tinoco e Sartor (2003). A Figura 2 exhibe o conceito final, desenhos e dimensões para o cocho estacionário com cobertura.

De acordo com Embrapa (1999), o cocho-trenó móvel sem cobertura destinado à alimentação de volumosos (vegetais *in natura* ou triturados) foi aperfeiçoado pela Embrapa Pecuária Sudeste de São Carlos/SP, possuindo facilidade de movimentação e vida útil superior aos cochos feitos em madeira. A construção é feita com pranchões montados sobre duas vigotas que funcionam como esquis – os cochos trenós são usados no arraçamento de animais devido à sua mobilidade (deslocamento por trator ou animal de tração), resistência (estrutura reforçada) e durabilidade (parte inferior sem contato com o solo). O desenvolvimento/projeto teve como referência o material técnico disponibilizado pela Embrapa (1999). A Figura 3 exhibe o conceito final, desenhos e dimensões para o cocho-trenó móvel sem cobertura.

De acordo com Nunes (1998), o equipamento automático para fornecimento de sal mineral também pode ser utilizado na suplementação alimentar de bovinos de corte e/ou gado leiteiro. Comparativamente aos saieiros abertos con-

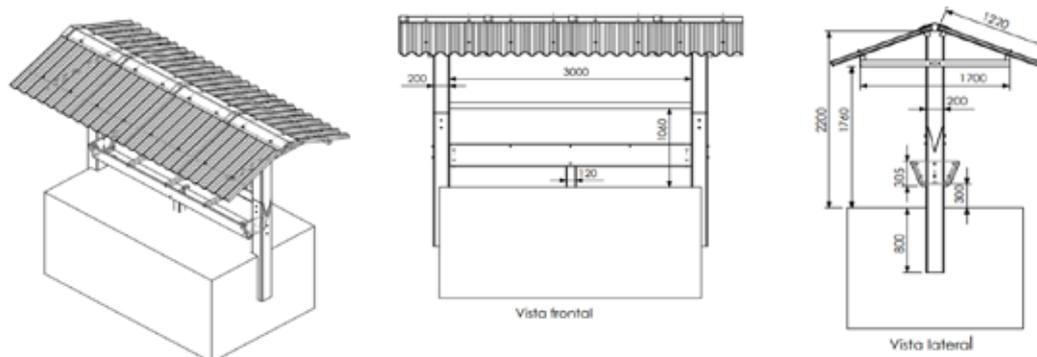


Figura 2. Conceito, desenhos e dimensões – Cocho estacionário com cobertura.

Fonte: Os próprios autores.

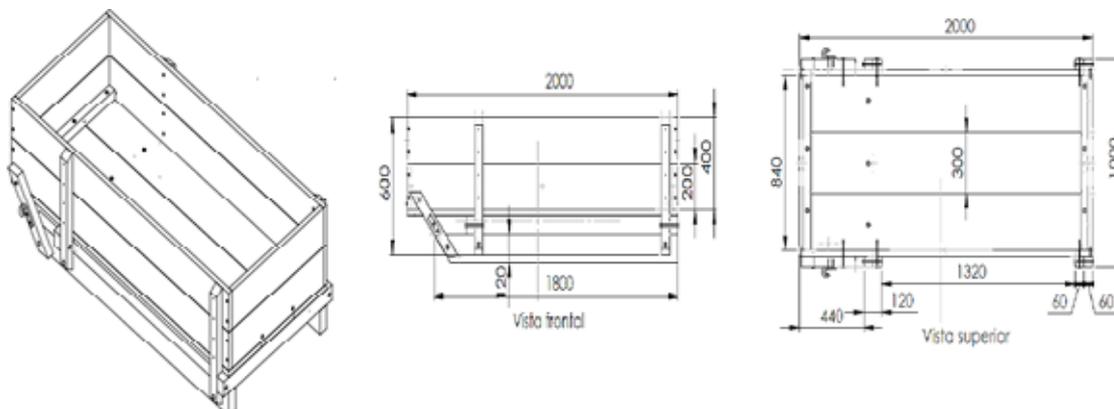


Figura 3. Conceito, desenhos e dimensões – Cocho-trenó móvel sem cobertura.

Fonte: Os próprios autores.



vencionais, esse equipamento propicia significativa redução de perdas devido à maior proteção contra as intempéries oferecida ao sal mineral, suplementos vitamínico-minerais e/ou mesmo rações armazenados – o acesso ao conteúdo é feito através de portinhola basculante movimentada pelos focinhos dos animais.

O produto foi dimensionado tendo como referência as publicações técnicas da Embrapa Centro-Oeste, especialmente o material de Nunes (1998), com alterações dos elementos de fixação sugeridos. A Figura 4 exhibe conceito final, desenhos e dimensões para o equipamento automático para fornecimento de sal mineral.

A Figura 5 exhibe as listas de materiais para os três produtos pecuários desenvolvidos.

4.2. Plano de macroprocesso e planta fabril

O sistema de produção sustentável possui nove subprocessos interdependentes e suas respectivas operações. Esse sistema de produção é composto pelo plano de macroprocesso, lista de máquinas/equipamentos e fluxogramas produtivos. A Figura 6 mostra o fluxograma do processo produtivo completo.

Com base na Figura 6, realizou-se uma decomposição dos nove subprocessos (macroprocesso) segundo suas operações constituintes. Assim, o subprocesso de enfardamento de aparas plásticas é composto de quatro operações: (1) recebimento de resíduos industriais – as aparas plásticas residuais originárias da INFLEX são acomodadas em contenedores aramados e transportadas até à **nova planta fabril**; (2)

separação/classificação das aparas segundo as composições dos filmes plásticos residuais; (3) enfardamento das aparas selecionadas (compressão e cintagem em prensas verticais); (4) acomodação dos fardos em *pallets* metálicos, movimentação/armazenagem em estantes metálicas (*porta-pallets*).

Por sua vez, o subprocesso de processamento de fibras vegetais é constituído de quatro operações: (1) recebimento das fibras vegetais enfardadas (comprimidas, cintadas e palletizadas) vindas de fornecedores (usinas sucroenergéticas), pesagem e descarregamento de caminhões e movimentação; (2) secagem e moagem das fibras *in natura* em secadores contínuos *flash dryer* alimentados a Gás Liquefeito de Petróleo (GLP) e em moinhos de martelos rotativos; (3) classificação granulométrica das partículas de fibras vegetais através de peneiradores rotativos; (4) acondicionamento das partículas processadas em bombonas plásticas e disposição das mesmas em *pallets* e movimentação/armazenagem em estantes metálicas (*porta-pallets*).

O subprocesso de granulação de aparas plásticas formado por quatro operações sequenciais: (1) trituração/moagem das aparas plásticas em moinhos granuladores de facas rotativas e pré-peneiramento classificatório; (2) extrusão e granulação polimérica (obtenção de pellets); (3) acondicionamento dos pellets em bombonas plásticas; (4) disposição das bombonas plásticas em *pallets* e movimentação/armazenagem em *porta-pallets*. Já o subprocesso de formulação e homogeneização das blendas poliméricas é composto de duas operações: (1) formulação das blendas poliméricas através de pesagem eletrônica e homogeneização em misturadores de tambores rotativos; (2) acondicionamento das blendas formuladas/homogeneizadas em caçambas metálicas basculantes.

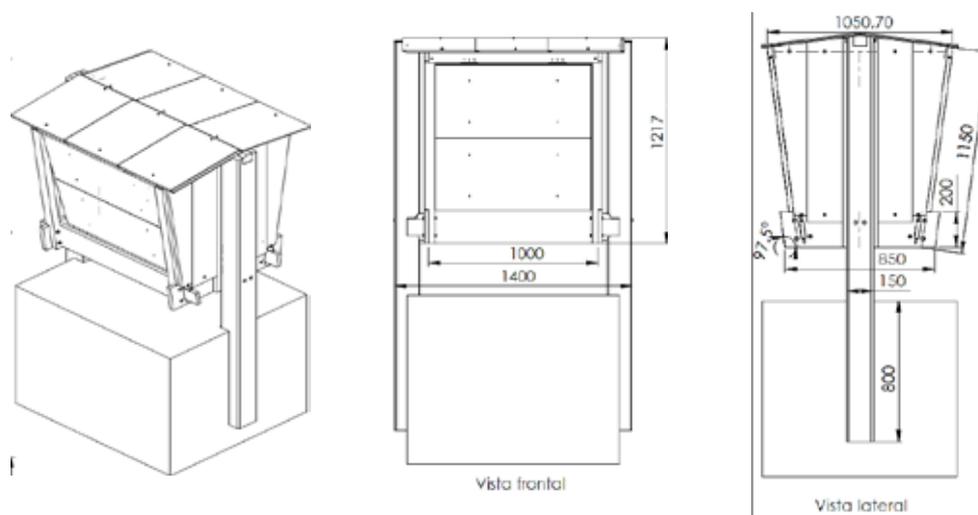


Figura 4. Conceito, desenhos e dimensões – Equipamento automático para fornecimento de sal mineral.

Fonte: Os próprios autores.



Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DIMENSÕES (mm)	QTD.
1	Pilar Laterais	200X200X1500	4
3	Pilar Central	100X100X1000	1
4	Viga Telhado	60X80X1700	2
5	Cabro Telhado	50X60X4200	4
7	Telha Fibrocimento	8 X 1100 X 1220	8
9	Cumeeira Fibrocimento	5 X 1100 X 400	4
14	Placa lateral do cocho	30X300X500	2
15	Travessa inferior do cocho	50X50X340	3
16	Apoio interno do cocho	50X50X240	4
18	Placa longitudinal do cocho	25X30X3000	3
19	Travessa superior do cocho	50X50X500	3
22	Viga intermediária do cocho	60X80X3050	1
23	Parafuso francês	3/8" x 11"	4
24	Parafuso francês	3/8" x 9 1/2"	4
25	Parafuso francês	3/8" x 9"	4
26	Porca sextavada normal	3/8"	12
27	Arruela lisa	3/4"	12
28	Parafuso sextavado rosca soberba	5/16" x 2.3/4"	20
29	Parafuso auto ataraxante cabeça panela fenda	5.5 X 50	20
30	Conjunto Parafuso para Telha de Fibro-Cimento com Arruela de Vedação	5/16" x 5.9	32

(a)

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DIMENSÕES (mm)	QTD.
1	Apoios longitudinais	60X120X1600	2
2	Apoios laterais	50X60X600	4
3	Apoios fundo	50X50X840	2
4	Travessas inferiores	60X80X1000	2
5	Placas de fechamento fundo	30X300X2000	3
6	Placas de fechamento	30X200X2000	2
7	Placas fechamento inferior	30X200X2000	2
8	Placa lateral inferior	30X200X840	2
9	Placa lateral superior	30X200X840	2
10	Suporte do gancho	50X60X400	2
11	Parafuso sextavado rosca soberba (inox)	5/16" x 2.3/4"	18
12	Parafuso francês	3/8" x 5"	10
13	Arruela lisa	3/4"	10
14	Porca sextavada	3/8"	10
15	Gancho		2
16	Parafuso auto ataraxante cabeça panela fenda (inox)	5.5 x 45	32
17	Parafuso auto ataraxante cabeça panela fenda	6.3 x 50	4

(b)

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	Dimensões (mm)	QTD.
2	Pilar	150X150X2295	2
3	Suporte longitudinal	50X60X1152,5	2
4	Suporte longitudinal transversal	50X60X1000	2
5	Placa fechamento esquerdo	25X200X973	2
6	Placa fechamento direito	25X200X973	2
7	Placa fechamento centro	25X200X1200	2
8	Placa fechamento sublateral	25X200X1040	4
9	Suporte do telhado	60X80X1400	1
11	Prancha divisória	30X300X1000	1
12	Prancha portas	15X450X920	4
13	Suporte portas	20X100X900	4
17	Cunha	10x43x160	4
18	Prancha laterais	25X200X850	2
19	Pranchas frontais	25X200X1250	2
20	Prancha do telhado	15X450X560	6
21	Prancha do assoalho	30X300X1000	2
22	Suporte do assoalho		2
23	Suporte montante esquerdo	50x50x1150	2
24	Suporte montante direito	50x50x1150	2
25	Parafuso sextavado rosca soberba	5/16" x 70	14
26	Parafuso auto ataraxante cab. panela fenda	4,2 X 32	16
27	Parafuso auto ataraxante cab. panela fenda1	5,5 x 50	36
28	Parafuso madeira fenda simples	4,8 x 22	24
29	Parafuso madeira fenda simples1	4,5 x 45	4
30	Arruela lisa	3/4"	16
31	Porca sextavada	3/8"	16
32	Parafuso francês	3/8" x 2.3/4"	8
33	Parafuso francês 1	3/8" x 5"	2
34	Parafuso francês 2	3/8" x 6.1/2"	2
35	Parafuso francês 3	3/8" x 8.1/2"	4

(c)

Figura 5. Listas de materiais – (a) Cocho estacionário com cobertura; (b) Cocho-trenó móvel sem cobertura; (c) Equipamento automático para fornecimento de sal mineral.

Fonte: Os próprios autores.

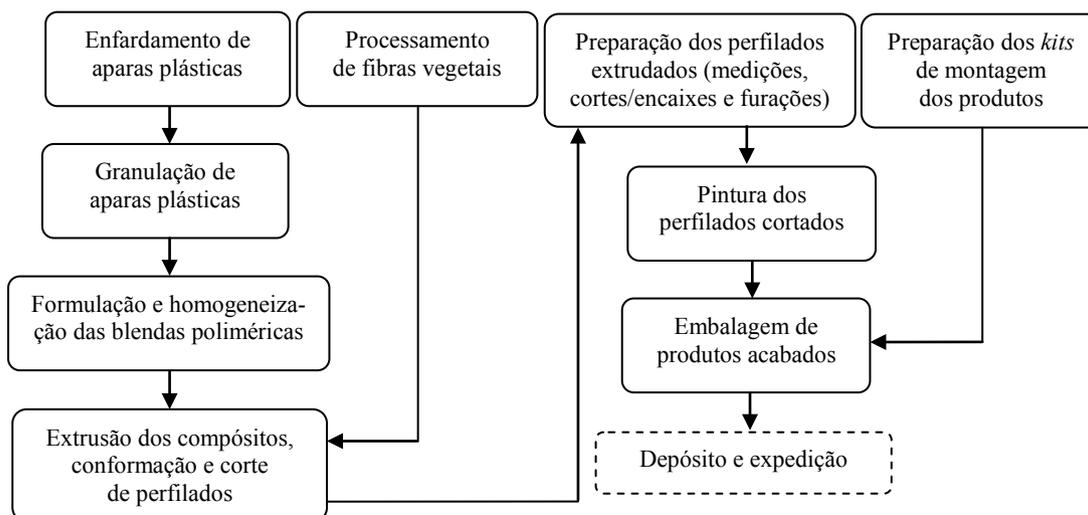


Figura 6. Fluxograma do sistema de produção sustentável (macroprocesso).

Fonte: Os próprios autores.

O subprocesso de extrusão dos compósitos, conformação e corte de perfilados é formado por cinco operações: (1) movimentação das caçambas basculantes com blendas homogeneizadas e dos *pallets* com bombonas contendo fibras vegetais particuladas para o setor de extrusão dos compósitos, conformação e corte de perfilados extrudados; (2) extrusão em dupla rosca dos compósitos végeto-poliméricos (aglutinação de blendas e partículas de fibras vegetais); (3) conformação de perfilados por extrusão dupla rosca; (4) corte dos perfilados com serras de discos rotativos automatizados; (5) armazenagem dos perfilados cortados em estantes *cantilever*.

O subprocesso de preparação dos perfilados extrudados (medições, cortes/encaixes e furações) possui três operações inter-relacionadas: (1) medição/determinação dos pontos de cortes, encaixes e furos nos perfilados cortados; (2) execução de cortes, encaixes, rebaixos e furações nos perfilados cortados, que passam a ser designados de perfilados cortados preparados; (3) movimentação e armazenagem dos perfilados cortados preparados em estantes *cantilever*.

O subprocesso de pintura de perfilados cortados/preparados é constituído por duas operações: (1) pintura dos perfilados preparados através de pulverização a ar comprimido em ambiente segregado (sistema de exaustão de gases e névoas); (2) movimentação e armazenagem dos perfilados pintados no setor de embalagem de produtos acabados. Já o subprocesso de preparação dos *kits* de montagem dos produtos é constituído por um conjunto de três operações interligadas: (1) recebimento dos elementos de fixação (parafusos, porcas e arruelas) adquiridos de fornecedores, que compreende as atividades de conferência de notas fiscais e documentos, contagem/pesagem, controle de qualidade e envio de documentos para pagamento; (2) seleção e armazenagem dos elementos de fixação em estantes de pra-

teleiras presentes no almoxarifado; (3) preparação e armazenagem dos *kits* de montagem dos produtos em estantes dispostas no almoxarifado.

Por fim, o subprocesso de embalagem de produtos acabados é formado por três operações: (1) embalagem dos produtos acabados, que compreende as atividades de cinta-gem para amarração dos perfilados cortados preparados e/ou perfilados pintados, aplicação de filmes plásticos termorretráteis para proteção e estabilização dos perfilados cintados e acomodação dos perfilados cintados/*kits* de montagem em caixas de papelão reforçadas (produtos acabados); (2) movimentação/armazenagem dos produtos acabados no depósito; (3) expedição final.

O Quadro 1 contempla a relação de máquinas/equipamentos referentes ao sistema de produção sustentável proposto.

Com a definição do sistema de produção sustentável, procedeu-se ao projeto da planta fabril inicial, que foi realizado com o auxílio do aplicativo AutoCAD® da Autodesk Inc. Com base na planta fabril inicial, realizou-se a localização e a readequação dos espaços físicos necessários aos centros de trabalho (subprocessos e respectivas operações produtivas), almoxarifado, depósito de produtos acabados e expedição, bem como foram delimitados pontos intermediários de armazenagem e corredores internos para movimentação de matérias-primas, materiais em processo e produtos acabados, obtendo-se o arranjo físico inicial.

Em seguida, executou-se o dimensionamento dos sistemas de movimentação e armazenagem de materiais, tendo como referência o uso de empilhadeiras, transpaleteiras, contenedores, bombonas plásticas, caçambas basculantes metálicas,



Quadro 1. Lista de máquinas/equipamentos para os subprocessos e respectivas operações.

Subprocesso	Operação	Máquina/Equipamento	Quantidade
Enfardamento de aparas plásticas	Operação 1	Empilhadeira movida a GLP ⁽¹⁾	1
	Operação 3	Prensa enfardadeira vertical	3
	Operação 4	Empilhadeira movida a GLP ⁽¹⁾	-
Processamento de fibras vegetais	Operação 1	Empilhadeira movida a GLP ⁽²⁾	1
	Operação 2	Secador contínuo flash dryer	1
		Transpaleteira manual	1
		Triturador-moedor de martelos	3
	Operação 3	Peneira rotativa	2
Operação 5	Empilhadeira movida a GLP ⁽²⁾	-	
Granulação de aparas plásticas	Operação 1	Empilhadeira movida a GLP ⁽¹⁾	-
	Operação 2	Moinho granulador de facas e martelos	1
	Operação 3	Extrusora recuperadora	1
	Operação 5	Transpaleteira manual e empilhadeira movida a GLP ⁽¹⁾	-
Formulação e homogeneização das blendas poliméricas	Operação 1	Empilhadeira movida a GLP ⁽³⁾	1
	Operação 2	Balança eletrônica transpaleteira	1
		Misturador horizontal	1
Operação 3	Empilhadeira movida a GLP ⁽³⁾	-	
Extrusão dos compósitos, conformação e corte perfilados	Operação 1	Transpaleteira manual e empilhadeira movida a GLP ⁽³⁾	-
	Operação 2	Extrusora dupla rosca (perfilados)	2
	Operação 3		
	Operação 4	Serra de disco rotativo automatizados	2
Preparação dos perfilados extrudados	Operação 1	Transpaleteira manual e empilhadeira movida a GLP ⁽⁴⁾	1
	Operação 3	Serra circular esquadrejadeira	2
		Serra de fita metálica	2
		Furadeira horizontal	2
	Operação 4	Empilhadeira movida a GLP ⁽⁴⁾	-
Operação 5	Transpaleteira manual e empilhadeira movida a GLP ⁽⁴⁾	-	
Pintura de perfilados cortados/preparados	Operação 1	Cabine de pintura com exaustor	1
	Operação 2	Empilhadeira movida a GLP ⁽⁴⁾	-
Preparação dos kits de montagem dos produtos	Operação 1	Transpaleteira manual	1
	Operação 3		
Embalagem de produtos acabados	Operação 1	Transpaleteira manual	1
	Operação 3	Empilhadeira movida a GLP ⁽⁴⁾	-
	Operação 4	Empilhadeira movida a GLP ⁽⁴⁾	-

Fonte: Os próprios autores.

⁽¹⁾ Utilizada nos subprocessos 'enfardamento de aparas plásticas' e 'granulação de aparas plásticas'.

⁽²⁾ Utilizada no subprocesso 'processamento de fibras vegetais'.

⁽³⁾ Utilizada nos subprocessos 'formulação/homogeneização das blendas poliméricas' e 'extrusão de compósitos, conformação e corte de perfilados'.

⁽⁴⁾ Empilhadeira usada nos subprocessos 'preparação dos perfilados extrudados', 'pintura de perfilados cortados preparados' e 'embalagem de produtos acabados'.



estantes de prateleiras porta-pallets e cantilever. Posteriormente às alterações na planta fabril e arranjo físico, obteve-se a planta fabril final e o arranjo físico funcional (Figura 7).

Finalmente, elaborou-se o mapofluxograma do processo para se avaliar os diversos fluxos de materiais presentes no sistema produtivo, desde o recebimento de matérias-primas/insumos até a expedição final dos produtos acabados (Figura 8).

4.3. Discussão dos resultados

Os três produtos desenvolvidos destinados à alimentação e suplementação de bovinos possuem vantagens importantes em comparação aos produtos tradicionais feitos com madeira de reflorestamento (como *pinus* e eucalipto), destacando-se:

- Resistência às intempéries e aos choques mecânicos (maior durabilidade dos materiais compostos e confiabilidade de operação);
- Características melhoradas de ergonomia, *design* e manutenção (porosidade, rugosidade e acabamento superficial superiores à madeira comum);

- Adequação às especificações técnicas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Embrapa e órgãos correlatos;
- Padronização de dimensões/tolerâncias (conformidade do produto final);
- Reaproveitamento industrial de materiais reciclados, permitindo o uso de técnicas de produção mais limpas;
- Potencial de reciclabilidade dos produtos pecuários ao final do ciclo de vida, favorecendo o reaproveitamento dos materiais compostos empregados na manufatura de novos produtos, devido, principalmente, à matriz polimérica utilizada (rica em polietileno e polipropileno);
- Contribuição ao desenvolvimento regional sustentável ancorado nas atividades do agronegócio – agropecuária e agroindústria.

Já o *plant layout* desenvolvido é baseado no arranjo funcional (por processo), sendo que o processamento dos materiais deve ser executado através da composição de lotes movimentados em quantidades-padrão em fluxos produ-



LEGENDA DOS SETORES DA FABRICA	
PONTOS	DESCRIÇÃO
(A)	SETOR DE ENFARDAMENTO DE APARAS PLÁSTICAS
(B)	SETOR DE PROCESSAMENTO DE FIBRAS VEGETAIS
(C)	SETOR DE GRANULAÇÃO DE APARAS PLÁSTICAS
(D)	SETOR DE EXTRUSÃO DOS COMPOSTOS, CONFORMAÇÃO E CORTE DE PERFILADOS
(E)	SETOR DE PREPARAÇÃO DOS PERFILADOS
(F)	SETOR FORMULAÇÃO E HOMOCENIEZAÇÃO DAS BLENDA POLIMÉRICAS
(G)	SETOR DE PREPARAÇÃO DOS KITS DE MONTAGEM DOS PRODUTOS
(H)	SETOR DE EMBALAGEM DE PRODUTOS ACABADOS
(I)	SETOR DE PINTURA DE PERFILADOS CORTADOS
(J)	DEPÓSITO E EXPEDIÇÃO

Figura 7. Planta fabril e arranjo físico funcional (revisados e aprovados).

Fonte: Os próprios autores.

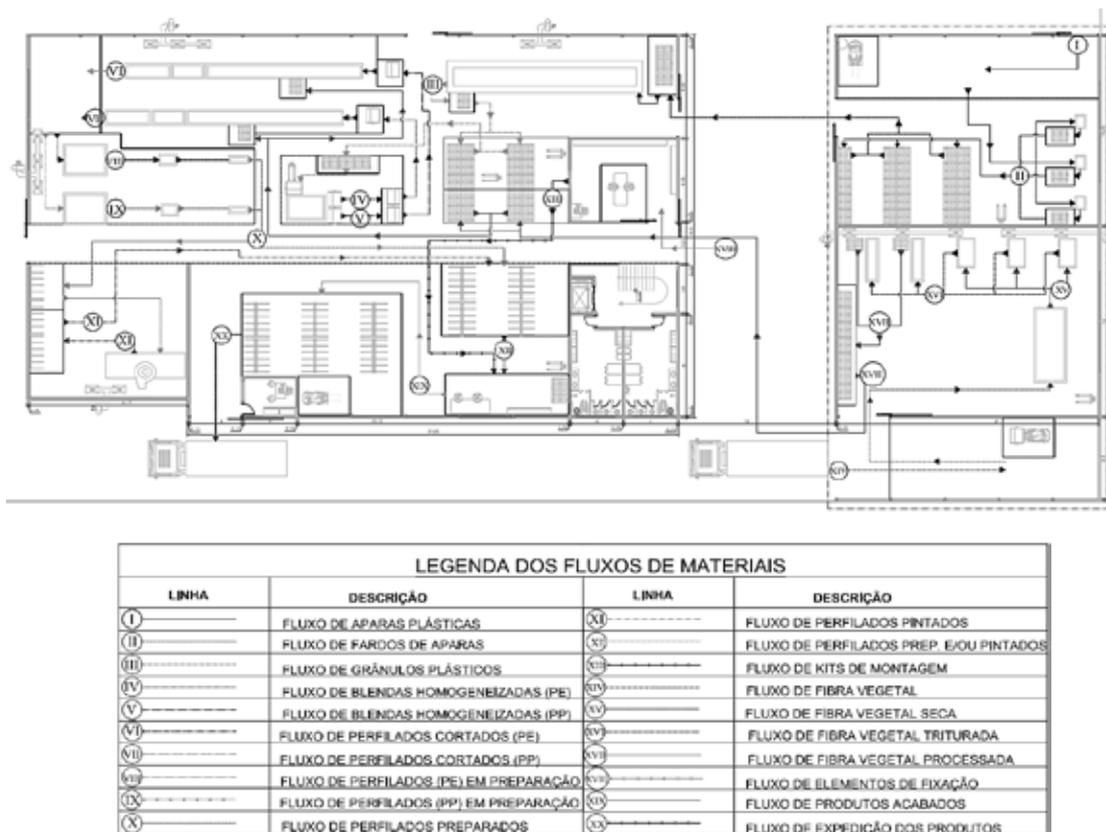


Figura 8. Mapofluxograma do processo produtivo completo.

Fonte: Os próprios autores.

tivos periódicos e relativamente uniformes em termos de distâncias percorridas e ritmos de produção. A planta fabril projetada é composta de duas áreas produtivas interligadas, sendo que a primeira engloba os setores de ‘enfardamento de aparas plásticas’ e ‘processamento de fibras vegetais’, que são considerados os subprocessos que processam resíduos plásticos e matérias-primas vegetais. Já a segunda área produtiva é formada por sete setores relacionados com a obtenção dos materiais compostos, produção/preparação de perfilados, embalagem dos produtos e expedição final.

Desse modo, a fábrica conta com nove setores funcionais específicos (subprocessos) com agrupamento de máquinas e equipamentos padronizados/universais para executar variadas operações com base em fluxos/roteiros de produção definidos, permitindo, quando necessário, o ajustamento do ritmo das atividades de manufatura à demanda dos produtos acabados. A planta fabril e o arranjo físico são formados por centros de trabalho agrupados em setores produtivos específicos para facilitar a manufatura dos três produtos pecuários padronizados, possuindo corredores internos bem distribuídos e adequados à movimentação mecanizada de matérias-primas, materiais em processo e produtos acabados, bem como flexibilidade para produzir quantidades e

mix variados de produtos, facilitando o acompanhamento das operações e a supervisão funcional.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A formação de parcerias/alianças colaborativas entre setores produtivos, universidades e centros de pesquisa é fundamental para se aumentar a competitividade industrial. Desse modo, as atividades inovativas devem ser exaustivamente realizadas pelas organizações que necessitem, ágil e consistentemente, aprimorar processos e/ou disponibilizar produtos novos ou significativamente melhorados aos mercados consumidores. O trabalho em questão ilustrou parte das atividades de um projeto de cooperação tecnológica CNPq-RHAE realizado em uma importante região agroindustrial do Centro-Oeste brasileiro, que inicialmente visou o desenvolvimento de compósitos végeto-poliméricos para aplicação em produtos (equipamentos) destinados à alimentação e suplementação vitamínico-mineral de bovinos.

A partir de uma adaptação das três fases iniciais da metodologia ‘Estrutura Estratégica para Desenvolvimento de Produtos’ de Clark e Wheelwright, coerente com a execução



da pesquisa aplicada, elaborou-se tanto as concepções dos três produtos pecuários como o sistema de produção, que é constituído do plano de macroprocesso (descrição dos sub-processos e operações), lista de máquinas/equipamentos e fluxogramas produtivos, sendo considerados documentos fundamentais para a implantação posterior do projeto detalhado do sistema fabril de uma nova unidade de negócios, que possui grandes perspectivas para contribuir com o desenvolvimento socioeconômico regional.

Atualmente, os referidos materiais compostos são objeto de processo de proteção industrial junto ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), sob o título de 'Processo de Fabricação de Compósitos Végeto-Polímeros' (processo BR 10 2014 018724 3) – o conteúdo de inovação tecnológica do novo material é referente a um inédito processo industrial para processamento de compósitos de blendas poliméricas e fibras vegetais de reforço. Assim, os resíduos industriais da INFLEX, que são constituídos de aparas plásticas resultantes do refilamento das bobinas de filmes (perdas normais de processo), são novamente inseridos na cadeia de operações, permitindo a manufatura de novos produtos aplicados às atividades pecuárias regionais.

A caracterização da estrutura molecular e das propriedades mecânicas dos compósitos végeto-poliméricos também sugerem aplicações técnicas distintas do setor agropecuário regional, onde atualmente são analisadas novas formas de utilização do referido material em produtos destinados aos setores da construção civil, automobilístico, aeronáutico, mobiliário e embalagens rígidas, como previsto na patente submetida ao INPI.

O trabalho possibilitou que operações da INFLEX permaneçam ainda mais alinhadas com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010), ao mesmo tempo em que a nova unidade produtiva permita agregar valor aos resíduos plásticos relacionados à planta produtora principal. Por fim, a pesquisa realizada dentro de um contexto de parceria empresa-universidades demonstrou ser um instrumento fundamental para se desenvolver/aplicar inovações tecnológicas em produtos e processos, o que vem ao encontro das atuais políticas públicas de adensamento das cadeias produtivas regionalizadas.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) por possibilitar e financiar a presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

Akgun, A., Lynn, G. e Yilmaz, C. (2005), "Learning process in new product development teams and effects on product suc-

cess: a socio-cognitive perspective", *Industrial Marketing Management*, Vol. 35, p. 210-224.

Back, N. et al. (2008), *Projeto integrado de produtos: planejamento, concepção e modelagem*, Barueri: Manole.

Barros, A. J. S. et Lehfeld, N. A. S. (2007), *Fundamentos da metodologia científica*, 3 ed., Pearson Prentice-Hall, São Paulo, SP.

Baxter, M. (2011), *Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos*, 3 ed., Edgard Blücher, São Paulo, SP.

Brasil (2010), Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, Institui a política nacional de resíduos sólidos e dá outras providências, disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato/2007-2010/2010/lei/l12305.htm, acesso em: 03 abr. 2014.

Chen, H. H. et al. (2008), "Developing new products with knowledge management methods and process development management in a network", *Computers In Industry: Product Lifecycle Modelling, Analysis and Management*, Vol. 59, No. 2-3, p. 242-253.

Cheng, L. (2000), "Caracterização da gestão de desenvolvimento do produto: delineando o seu contorno e dimensões básicas", em *Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produtos*, 2., 2000, São Carlos. Anais... São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo (EESC-USP), USP.

Clark, K. B. et Wheelwright, S. C. (1993), *Managing new product and process development*, The Free Press, New York.

Dues, C. M., Tan, K.H. e Lim, M. (2011), "Green as the new Lean: how to use lean practices as a catalyst to greening your supply chain", *Journal of Cleaner Production*, No. 40, pp. 93-100.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa). (1999), *Cocho móvel para volumoso "tipo trenó": prático e resistente*, Embrapa Pecuária Sudeste, São Carlos, SP, disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/44005/cocho-movel-para-volumoso-tipo-treno-pratico-e-resistente>, acesso em: 08 out. 2013.

Gil, A. C. (2008), *Como elaborar projetos de pesquisa*, 4 ed, Atlas, São Paulo, SP.

Homma, A. K. O. et al. (2006), *Criação de bovinos de corte no estado do Pará: instalações zootécnicas*, Embrapa, Pará, disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/BovinoCorte/BovinoCortePara/index.html>, acesso em: 13 ago. 2014.

Krishnan, V. et Ulrich, K. (2001), "Product development decisions: a review of the literature", *Management Science*, Vol. 47, No. 1, pp. 1-21.

Lakatos, E. M. et Marconi, M. A. (2010), *Fundamentos de metodologia científica*, 7 ed, Atlas, São Paulo, SP.



- Lee, K. B. et Wong, V. (2011), "Identifying the moderating influences of external environments on new product development process", *Technovation*, Vol. 31, No. 10-11, pp. 598-612.
- Loch, C. H. et Kavadias, S. (2008), *Handbook of new product development management*, Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Manrich, S. (2005), *Processamento de termoplásticos: rosca única, extrusão/matrizas e injeção/moldes*, Artliber, São Paulo, SP.
- Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). 2012, *Estratégia nacional de ciência, tecnologia e inovação 2012 – 2015: balanço das atividades estruturantes*, disponível em: <http://livroaberto.ibict.br/docs/218981.pdf>, acesso em: 03 dez. 2012.
- Müller, M. H. et Fairlie-Clarke, A. C. (2003), "The evaluation of manufacturing issues in the product development process", *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 138, No. 1-3, pp. 2-8.
- Nunes, S. G. (1998), *Saleiros automáticos para bovinos*, Embrapa, Campo Grande, disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/publicacoes/ct/ct17/index.html>, acesso em: 13 out. 2013.
- Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). (2005), *Manual de Oslo: proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica*, traduzido pela Financiadora de Estudos e Projetos/FINEP, 3 ed., OCDE, Paris.
- Otto, K et Wood, K. (2001), *Product design: techniques in reverse engineering and new product development*, Prentice Hall, New Jersey.
- Paixão, J. F, Roma, J. C. e Moura, A. M. M. (2011), *Cadernos de diagnóstico: resíduos sólidos industriais*, Ministério do Meio Ambiente, Brasília, DF, 82p.
- Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). (2011), *Caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza: síntese para tomadores de decisão*, PNUMA, Brasília, DF, disponível em: http://www.pnuma.org.br/admin/pub/licacoes/texto/1101-GREENECONOMY-synthesis_PT_online.pdf, acesso em: 25 mai. 2014.
- Rodrigues Filho, J. A. et Azevedo, G. P. C. (2005), *Criação de gado leiteiro na zona bragantina: instalações zootécnicas*, Embrapa, Pará, disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Leite/GadoLeiteiroZonaBragantina/index.htm>, acesso em: 13 ago. 2014.
- Rossini, A. et al. (2008), *Consciência e desenvolvimento sustentável nas organizações*, Campus, Rio de Janeiro, RJ.
- Rozenfeld, H. et al. (2006), *Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo*, Sarai-va, São Paulo, SP.
- Schumpeter, J. A. et Mcdaniel, B. (2009), *The nature and essence of economic theory*, Transaction Publications, Piscataway.
- Smith, L et Ball, P. (2012), "Steps towards sustainable manufacturing through modeling material, energy and waste flows", *International Journal of Production Economics*, No. 140, pp. 227-238.
- Souza, C. F., Tinoco, I. F. F. e Sartor, V. (2003), *Informação básica para projetos de construções rurais: bovinos de corte*, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, disponível em: <http://people.ufpr.br/~freitasjaf/artigos/instalacoes.pdf>, acesso em: 13 out. 2013.
- Ullman, D.G. (2009), *The mechanical design process*, 4 ed., McGraw Hill, New York.
- Ulrich, K et Eppinger, S. (2011), *Product design and development*, 5 ed., McGraw-Hill, New York.
- Wang, T., Guo, S. e Liu, Y. (2013), "Pareto process optimization of product development project using bi-objective hybrid genetic algorithm", *Advances In Engineering Software*, Vol. 65, pp.12-22.
- Yin, R, K. (2010), *Estudo de caso: planejamento e métodos*, 4 ed., Bookman, Porto Alegre, RS.