

## **UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA PDCA PARA AUXILIAR NA GESTÃO DA PRODUÇÃO DE COMPÓSITOS POLIMÉRICOS, FEITOS COM FIBRAS DE COCO E RESINA POLIÉSTER: UMA ABORDAGEM DE PRESERVAÇÃO AO MEIO AMBIENTE**

**Thiago Francisco de Souza, thiago\_eng21@hotmail.com<sup>1</sup>**

**Celso Carlino Maria Fornari Júnior, celso@uesc.br<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz, Rodovia Ilhéus/Itabuna, Km 16, Ilhéus – Bahia – Brasil.

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Santa Cruz, Rodovia Ilhéus/Itabuna, Km 16, Ilhéus – Bahia – Brasil.

**Resumo:** Neste trabalho utilizou-se a ferramenta PDCA para auxiliar na gestão da produção de compósitos poliméricos feitos com fibras de coco e resina poliéster. Com a aplicação desta ferramenta foi possível descrever em detalhes: o planejamento da produção, a execução com base no planejamento, a verificação dos resultados com base na execução e como ações corretivas foram tomadas para otimizar o sistema produtivo. Além disso, visou-se também estimular uma consciência voltada para a reciclagem com intuito de diminuir o impacto sobre o meio ambiente causado pelo descarte errôneo de materiais. Isto porque uma das matérias-primas envolvidas no processo produtivo foi a fibra oriunda do coco verde, um fruto que, após o consumo de sua água, muitas vezes é jogado em praias e calçadas, agredindo assim o meio ambiente em que vivemos.

**Palavra-chave:** Gestão da produção, Ferramenta PDCA, Preservação ambiental

### **1. INTRODUÇÃO**

A gestão da produção pode ser entendida como o conjunto de atividades que norteiam a fabricação dos produtos oferecidos por uma empresa, fazendo com que estes saiam dos diversos processos dentro das especificações estabelecidas, além de promover melhor utilização dos recursos produtivos disponíveis. Isto implica produzir rigorosamente o que foi determinado dentro da maior eficiência possível, o que exige sistemas adequados de planejamento e controle da produção. Então, torna-se evidente que a forte inter-relação entre a administração e o planejamento e controle da produção, constitui um fator determinante para o sucesso de uma empresa dentro de uma determinada indústria. E é justamente neste contexto que surge a necessidade da escolha de uma ferramenta que sirva de âncora para a gestão da produção e, conseqüentemente, para o êxito organizacional.

Neste trabalho, utilizou-se como “âncora” para a gestão da produção de compósitos poliméricos feitos com fibras de coco e resina poliéster uma importante ferramenta para resolução de problemas de gestão e para obtenção de melhoria contínua dos processos produtivos: a ferramenta PDCA. Segundo Desidério (2007), o ciclo PDCA é um método que visa controlar e conseguir resultados eficazes e confiáveis nas atividades de uma organização. Skora (2006) entende que o ciclo PDCA consiste basicamente em agir em quatro fases, representadas pelas iniciais, em inglês, dos procedimentos a serem adotados: plan (planejar), do (executar), check (monitoramento ou verificação) e act (ação corretiva). No presente trabalho, a etapa de “Plan” (planejamento) da produção dos compósitos foi baseada na ferramenta 5W2H - iniciais das palavras, em inglês, What (o que?), Who (quem?), Where (onde?), When (quando?), Why (por quê?), How many (Quanto?) e How (como?). Através desta ferramenta, pôde-se determinar antecipadamente o que seria feito, quem seriam os responsáveis, onde seria executada e quando começaria a produção, por que e quanto produzir e, como a produção deveria ser executada. Já para etapa “Do” (execução do planejamento), levou-se em consideração dois fatores: treinamento do método no trabalho e execução propriamente dita. Na etapa “Check” (verificação), analisou-se se o trabalho foi realizado de acordo com o padrão, além de verificar se os resultados medidos variavam em relação aos valores pré-estabelecidos. A última etapa, “Act” (agir corretivamente), que significa tomar ações corretivas baseadas nos resultados apresentados na etapa Check, foi direcionada para tomada de ações corretivas visando evitar que o trabalho, os resultados e o método fossem desviados dos padrões.

Os compósitos poliméricos em questão foram manufaturados a partir da junção das fibras vegetais obtidas do coco verde com a resina poliéster, por isso, faz-se necessário entender o porquê da utilização destes dois materiais. A utilização de fibras vegetais (no caso específico deste trabalho as fibras de coco) em produtos comerciais contribui para gerar riquezas e reduzir o impacto ambiental causado pela produção e descarte de bens de consumo, já que são materiais

abundantes, de fonte renovável e contribuem para o melhor aproveitamento do potencial agrícola brasileiro. Além disto, Santos (2006) afirma em seu trabalho que as fibras vegetais podem ser utilizadas como reforços em polímeros termoplásticos, termorrígidos e borrachas, tendo um forte impacto na relação custo benefício com as premissas atuais de preservação do meio ambiente. Por este motivo, estas tem sido investigadas para uso como reforço em compósitos de matrizes poliméricas, pois aliam propriedades que levam em consideração aspectos que vão de encontro a esta nova ordem mundial (de forte apelo ecológico) e características como baixa densidade, fonte renovável, biodegradabilidade, o fato de serem atóxicas e não abrasivas e de possuírem boas propriedades térmicas e alto módulo específico, o que as tornam fortes candidatas em potencial para estas aplicações (BLEDZKI E GASSAN, 1999). Já a resina poliéster, apresenta uma vasta gama de aplicações industriais e tecnológicas, sendo muito usada em compósitos moldados por contato devido as suas propriedades de transformação. Trata-se de um polímero termofixo, produzido através da adição de resina a um catalisador, obtendo-se uma matriz reticulada por um processo de cura. Neste processo, “o polímero transforma sua propriedade plástica e termofixa, sendo que a reticulação ocorre com a reação do estireno com as insaturações da resina” (BOTO, 2006).

Além do enfoque dado à gestão da produção com o auxílio da ferramenta PDCA, outro fator de extrema importância também motivou a realização deste trabalho: a preservação ambiental. Isto porque uma das matérias – primas envolvidas no processo produtivo destes compósitos, como já mencionado, foi a fibra oriunda do coco verde, um fruto abundante na natureza e que geralmente é descartado em locais inadequados após o consumo de sua água, “agredindo” assim o meio ambiente.

A proposta deste trabalho então foi direcionada no sentido de aplicar a ferramenta PDCA para promover melhoria contínua na eficiência da gestão do sistema produtivo de compósitos poliméricos feitos com fibras de coco e resina poliéster, levando em consideração também o impacto ambiental gerado por este sistema.

## **2. BREVE REFERENCIAL TEÓRICO – GESTÃO DA PRODUÇÃO E FERRAMENTA PDCA**

### **2.1. Gestão da Produção**

Produzir a uma custo mínimo e ainda atender as exigências dos clientes por produtos de qualidade e preços baixos obrigam as organizações a possuírem um eficiente e eficaz sistema de gestão da produção. Este sistema é caracterizado por um número grande de problemas de decisão, portanto, um gestor da produção deve abraçar todos os problemas que são importantes à sua área, mesmo que não sejam exclusivos dela. Starr (1927) considera que além de tomar decisões, espera-se que os gestores da produção as implantem. Assim, a teoria é traduzida em prática, planos são realizados e projetos são convertidos em realidades físicas. O autor explana ainda que a gestão da produção é aplicada a todas as formas de trabalho organizado não estando restrita somente à manufatura, ou seja, ela está intrinsecamente ligada também às áreas de logística, marketing, segurança no trabalho, etc.

A gestão da produção também pode ser melhor compreendida quando abordada sob duas perspectivas diferentes: a corporativa e a operacional. Davis et al (2001) assegura que a partir de uma perspectiva corporativa, “a administração da produção pode ser definida como o gerenciamento dos recursos diretos que são necessários para obtenção dos produtos e serviços de uma organização”, sendo que o mercado consumidor composto pelos clientes dos bens e serviços da empresa dá forma à estratégia dos negócios da empresa. Torna-se claro que o foco nos clientes é a principal “arma” das companhias no momento da definição tanto do planejamento estratégico (geralmente definido pelos gerentes de alto escalão), quanto do tático e operacional (desenvolvidos na maioria das vezes pelos gerentes de baixo escalão). Por outro lado, sob uma perspectiva operacional, o autor indica que o gerenciamento da produção “pode ser visto como um conjunto de componentes, cuja função está concentrada na conversão de um número de insumos em algum resultado desejado”. Nesta perspectiva, a equipe de gestão da produção concentra seus esforços no controle das entradas (insumos necessários, recursos humanos, tecnológicos, etc.), no processamento (componentes necessários para transformação das entradas) e nas saídas (resultados – bens e serviços).

As transformações dos sistemas que englobam a gestão de produção vem ocorrendo ao longo dos anos, sendo que nos últimos anos, estas mudanças estão ocorrendo com maior velocidade e em maior frequência. “Pode-se dizer que grandes partes destas mudanças são geradas devido aos avanços tecnológicos, automação de processos, estratégias de fusões e aquisições, globalização, mudanças nas políticas públicas governamentais, mudança na cultura dos gestores e de seus colaboradores e as constantes inovações que diariamente estamos tendo contato” (MEIRIM, 2006). Desta forma, é importante que as organizações adotem estratégias de gestão que as permitam competir e inovar sempre, o que favorecerá a sua sobrevivência em longo prazo num mercado cada vez mais mutável.

### **2.2. Ferramenta PDCA**

Paladini (1997) apud Corrêa et al (2004) apresenta o PDCA como um método associado a uma forma de estratégia (“in-line”) para se conseguir retorno mais imediato priorizando as melhorias no processo produtivo. Campos (2002) apud Corrêa et al (2004), em sua obra, apresenta a correspondência para a língua portuguesa: Planejamento (*PLAN*); Execução (*DO*); Verificação (*CHECK*); Atuação corretiva (*ACT*). O seu detalhamento pode ser visualizado na Figura (1).

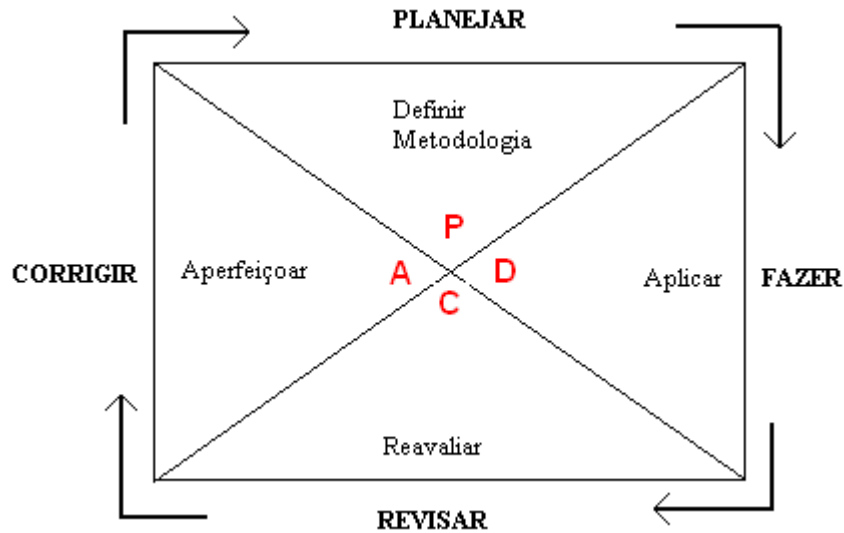


Figura 1. Ciclo PDCA baseado em Campos (1992) apud Corrêa et al (2004).

Mariani et al (2005) entendem as etapas referentes ao ciclo PDCA da seguinte maneira: PLAN (planejamento) - se definem as metas ideais (itens de controle) do processo analisado, estabelecendo-se os métodos para a sua consecução; DO (execução) - há necessidade de educar e treinar as pessoas envolvidas com a execução efetiva das ações planejadas; CHECK (verificação) - tem por objetivo comparar a execução (a partir dos dados registrados) com o planejamento; ACT (ações corretivas) - a partir dos resultados alcançados, tem-se dois caminhos distintos a seguir: se a verificação mostrou que não foi possível atingir os resultados propostos, deve-se partir para o estudo de ações corretivas e a seguir reaplicar a metodologia PDCA. Porém, se os resultados propostos foram atingidos, deve-se então padronizar o processo, almejando assegurar sua continuidade.

### 3. APLICAÇÃO DA FERRAMENTA PDCA

Nas seções 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4, serão descritas as etapas Plan (Planejamento), Do (Execução), Check (Verificação) e Act (Ações corretivas) respectivamente, com o propósito de esclarecer a maneira através da qual o PDCA foi aplicado para auxiliar na gestão da produção dos compósitos poliméricos.

#### 3.1. Etapa Plan – Planejamento da Produção

Para o desenvolvimento desta etapa, outra importante ferramenta de auxílio à gestão da produção foi utilizada: a ferramenta 5W2H. Esta ferramenta, segundo o entendimento de Campos (2004), consiste no direcionamento das ações a serem implementadas na etapa de execução da produção, abarcando as seguintes questões: What (o que) será feito, Why (porque) será feito, Where (onde) fazer, When (quando) será feito, Who (quem) irá fazer, How many (quanto) produzir e How (como) se deve produzir. Generalizando, pode-se entender esta ferramenta também como um “checklist”, que vai garantir que todos os envolvidos em determinada ação compreendam seus aspectos mais relevantes (PASELLO, 2009). A lista abaixo mostra o delineamento das etapas da ferramenta 5W2H para explicitar de que forma a primeira etapa (plan – planejamento) do ciclo PDCA foi desenvolvida.

- What (o que) será feito: Deverão ser produzidos compósitos poliméricos no formato de chaveiros, levando em consideração durante o processo produtivo todas as etapas da ferramenta PDCA presentes neste trabalho, ou seja, este servirá de guia para a produção. Para isto, antes, durante e após cada fase do processo produtivo deve-se fazer um estudo minucioso de cada etapa da ferramenta referida com o intuito de evitar erros. A figura (2) ilustra o que foi escrito.

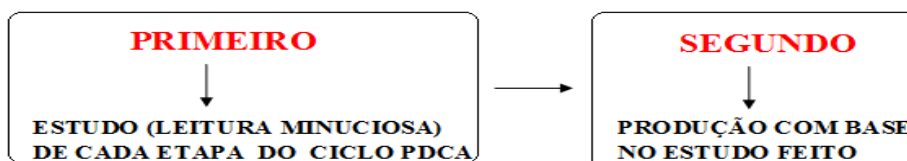


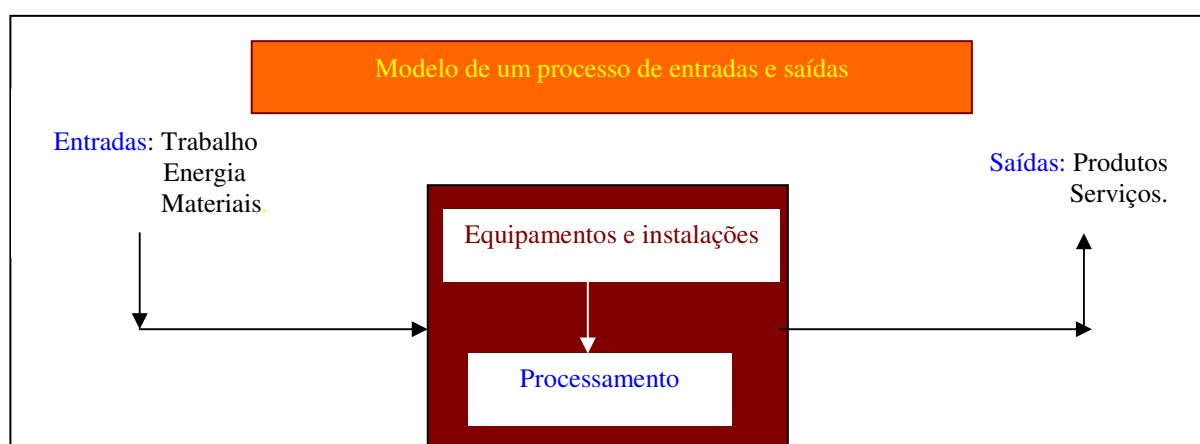
Figura 2. Método que deve ser utilizado antes, durante e após a produção dos compósitos.

- **Why (porque) será feito:** Geralmente o surgimento de um novo produto está voltado para uma determinada necessidade. Neste âmbito, explicar o porquê produzir compósitos poliméricos com fibras de coco e resina poliéster, advém da concepção da idéia: Qual a necessidade que levou ao surgimento desta idéia? A resposta para esta pergunta deixa claro o que motivou o surgimento desta idéia.  
Necessidade que levou ao surgimento da idéia (concepção): Tendo em vista esse novo cenário mundial de apelo à preservação do meio ambiente, esta produção será desenvolvida prioritariamente com o propósito de promover uma consciência ecológica voltada para reciclagem de materiais naturais (no caso específico a reciclagem do coco verde), bem como despertar nos discentes envolvidos com o processo produtivo uma visão profissional. Uma vez que todos os discentes que trabalham no laboratório onde será executada a produção são graduandos em Engenharia de Produção e Sistemas, buscou-se abordar temas importantes intrínsecos ao curso (como, por exemplo, os abordados neste artigo - PDCA e Gestão da Produção) que venham a contribuir para a formação profissional destes discentes.
- **Where (onde) será feito:** A importância do conhecimento do local em que uma produção será efetivada decorre dos seguintes fatores: saber se o local é propício para a produção (se as instalações dão suporte para a produção), quais as “ameaças” que as instalações trazem (não só para a operação, mas também para os operadores – análise ergonômica do ambiente de trabalho), o que se pode fazer no layout para diminuir o tempo de produção etc. A manufatura dos compósitos deverá ser feita no LAPOS (Laboratório de Polímeros e Sistemas) da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), visto que um estudo feito no local mostrou que a capacidade dos recursos (pessoas, equipamentos e materiais), bem como as condições ergonômicas associadas a estes, concede todo o suporte necessário para que a produção corra fluentemente (o objetivo deste artigo é mostrar como a ferramenta PDCA pode auxiliar a gestão da produção de compósitos poliméricos, por isso, as condições ergonômicas, as capacidades humanas e as condições das instalações e dos equipamentos que foram estudadas antes do começo da produção, não foram aqui detalhadas).
- **When (quando) será feito:** O começo da produção será estabelecido com base no MRP (Material Requirements Planning) desenvolvido. O sistema MRP foi concebido a partir da formulação dos conceitos desenvolvidos por Joseph Orlicky, de que os itens em estoque podem ser divididos em duas categorias: itens de demanda dependente e itens de demanda independente. Sendo assim, os itens de produtos acabados possuem uma demanda independente que deve ser prevista com base no mercado consumidor. Os itens dos materiais que compõem o produto acabado possuem uma demanda dependente de algum outro item, podendo ser calculada com base na demanda deste. A relação entre tais itens pode ser estabelecida por uma lista de materiais que definem a quantidade de componentes que serão necessários para se produzir um determinado produto (SWANN, 1983). Como dito inicialmente, o MRP deve nortear o início do processo de produção dos compósitos, ou seja, a produção só deve começar quando todas as matérias-primas estiverem disponíveis, evitando assim a estocagem (como a demanda não é alta, não é preciso estocar) e atrasos de entrega dos materiais. Para facilitar o entendimento, o exemplo abaixo se refere ao MRP desenvolvido para os insumos fibra de coco e resina poliéster, no entanto, um MRP geral (para todas as matérias-primas) mais complexo foi desenvolvido. Exemplo: se a produção for planejada para começar dia dez as dez horas da manhã: visto que a resina demora sete dias para ser entregue após o pedido e que para se obter as fibras prontas para a utilização é necessário coletar os cocos, descascar (tirar a parte verde), cortar os pedaços, secar (em estufa) e moer (em moinho de bolas), dando um total de cinco horas, a ordem de pedido da resina tem que ser emitida dia três às oito horas da manhã, ficando aí duas horas de margem de segurança para o caso de algum imprevisto; e o preparo das fibras tem que começar no mesmo dia (dia dez) às quatro horas da manhã, sendo uma hora de margem de segurança. Resumindo: como a resina demora sete dias para ser entregue, as fibras de coco demoram cinco horas para estarem prontas e a produção tem que começar dia dez as dez horas da manhã, o MRP foi preparado de maneira tal que tanto a resina como as fibras (matérias-primas necessárias para iniciar a produção), estejam disponíveis antes das dez horas do dia dez para que o início planejado da produção não atrase. A tabela (1) mostra como foi preparado o MRP para o exemplo dado acima.

Tabela 1. MRP desenvolvido para servir de base para o início da produção

		MRP	
RESINA		ORDEM DE PEDIDO	CHEGADA
	DIA	03/03/2009	10/03/2009
	HORA	08h00min DA MANHÃ	08h00min DA MANHÃ
PREPARO DAS FIBRAS		ORDEM DE COMEÇO	FIBRAS PRONTAS
	DIA	10/03/2009	10/03/2009
	HORA	04h00min DA MANHÃ	09h00min DA MANHÃ

- How many (quanto) será produzido e Who (quem) irá produzir: Prever a produção e alocar as pessoas certas para executá-la, é um fator chave de sucesso para uma organização. Não somente, a análise da capacidade dos recursos disponíveis está intrinsecamente ligada ao quanto que se pretende produzir, sendo necessário interligar estes dois fatores a fim de obter coerência na produtividade (ou seja, não ultrapassar a capacidade dos recursos disponíveis). A quantidade de chaveiros produzidos deve ser estipulada tendo em vista a demanda semanal solicitada pela reitoria da Universidade, pela Empresa Júnior de Consultoria em Engenharia de Produção e por alguns discentes da Universidade, visto que estes são os “clientes” do Laboratório. Caberá ao coordenador da produção, que é o próprio coordenador do Laboratório, a alocação das pessoas - de acordo com suas habilidades e experiências - certas para cada uma das funções da produção, pois este tem total conhecimento das atividades necessárias para que a produção ocorra e das habilidades de cada colaborador. No entanto, estas pessoas tem que fazer parte preferencialmente do grupo de colaboradores que já trabalham no LAPOS.
- How (como) serão produzidos os compósitos: O “como fazer” é o objetivo principal de um planejamento, pois as três etapas que caracterizam um sistema de produção (Entradas, processamento e saídas) terão que ser analisadas, instruindo como os vários elementos devem reunidos e transformados a fim de alcançar os objetivos para os quais o sistema foi estabelecido (STARR, 1927). Visto isso, para a produção dos compósitos, levar-se-á em consideração o modelo básico de um sistema de produção, ilustrado na figura (3).



**Figura 3. Modelo básico de um sistema de produção.**

Starr (1927) define as entradas como aqueles elementos da produção que constituem principalmente os custos variáveis. Tais custos são considerados por unidades, ou seja, depende do volume produzido. Casos típicos são os custos de mão-de-obra e o dos materiais diretos, que podem ser apropriados para cada unidade de produção. Basicamente os materiais, a mão-de-obra e a energia constituem a entrada. A fábrica e as instalações formam o processo. Pensando nestes termos, é relativamente aparente que é por meio das entradas que os gestores exercem o maior controle sobre as saídas. Alterações no processo são um pouco difícil de conseguir. Colocando o problema de outra forma, o processo tem uma inércia maior que as entradas, ou seja, é menos complicado mudar as entradas que o processo. As entradas que devem constituir o sistema de produção dos compósitos são:

-Materiais: Fôrmas de silicone, resina poliéster, coco verde, iniciador, adesivo e argolas.

-Trabalho: Os discentes que trabalham no LAPOS representarão a mão-de-obra envolvida na produção.

-Energia: Os equipamentos – estufa, moinho de bolas, peneira magnética e agitador mecânico – por transformarem a energia elétrica em outros tipos de energia, constituirão a principal fonte de energia do processo produtivo.

Já o processamento das entradas para obtenção das saídas foi dividido em três partes:

Primeira parte (obtenção das fibras a partir do coco verde) - para o desenvolvimento desta etapa, deve-se, na ordem seguinte: retirar a casca do coco verde; realizar os cortes dos pedaços (sendo que a soma destes tem que pesar um quilo e meio); levar os pedaços cortados à estufa com circulação de ar para secagem durante uma hora e meia e regular a temperatura da estufa para que a mesma permaneça em 150°C durante o tempo determinado; após o término da etapa anterior, retirar os pedaços da estufa e encaminhá-los para o moinho de bolas (deixar moer durante uma hora e meia com sessenta bolas de alumina); fazer a separação granulométrica, das fibras retiradas do moinho de bolas, por peneiras com agitador magnético com uma freqüência de 5 batidas/minuto durante dez minutos.

Segunda parte (mistura dos componentes fibras coco, resina poliéster e iniciador) - Nesta etapa, deve-se seguir uma ordem própria sob pena de interferir negativamente nas propriedades e na velocidade de processamento do material. Para isto é importante que a mistura seja feita intensamente, o que proporcionará homogeneidade a todo o corpo do material. Outro cuidado importantíssimo está relacionado com a ordem de mistura dos reagentes. A adição das fibras de coco antes da introdução do iniciador (agente que acelera a reação de cura) é um procedimento que nunca pode ser realizado. Isto porque o tempo de endurecimento do material torna-se maior quando as fibras são misturadas antes do iniciador, pois através de testes já realizados, observou-se que as fibras parecem absorver e concorrer com a matriz

polimérica dificultando a reticulação do material. Isto diminui em torno de duzentos por cento o tempo normal de reticulação, o que pode implicar em maiores custos de produção dos compósitos. A quantidade de iniciador que tem que ser adicionada à resina não pode passar de 1%, pois uma quantidade superior pode aumentar muito a fragilidade do material. Quando a matéria-prima está devidamente misturada, deve-se introduzi-la na matriz que deve ter o formato desejado do que se quer produzir, ou seja, no caso específico deste trabalho, essas tem que ter o formato de chaveiros. Nesta etapa é preciso ter o cuidado para não perder material, uma vez que há a possibilidade de escorrimento para fora da matriz por este procedimento. O tempo de enchimento da matriz não pode ultrapassar um minuto pelo fato da viscosidade do material aumentar de forma muito acelerada e impedir o carregamento das próximas matrizes.

Terceira parte (tempo de reticulação/cura do material) - foi calculado com base em um estudo realizado anteriormente sobre a influência da quantidade de iniciador no processo de cura da resina poliéster. Conforme este estudo, sem a presença de iniciador, uma quantidade de resina equivalente a que será adicionada à fôrma dos chaveiros tinha um tempo de cura médio de cinqüenta e cinco minutos. Quando adicionada uma gota de iniciador (quantidade oficial que será utilizada no processo de fabricação) o tempo médio de cura caiu para quarenta minutos. Desta forma, o tempo de cura dos compósitos dentro da fôrma deve girar em torno de quarenta minutos. A desmoldagem tem que ser feita de maneira cuidadosa, visto que o endurecimento não ocorre de modo completo dentro da matriz, isto é, elas ainda precisam ficar expostas ao ar durante em média trinta minutos para que ocorra a cura completa. Por isto, esta etapa deve ser realizada com auxílio de luvas de borracha a fim de não danificar os compósitos confeccionados.

Em fim, após o processamento, devem-se obter as saídas - compósitos poliméricos em formato de chaveiro. Estes tem que conter obrigatoriamente as entradas mencionadas neste trabalho, sendo que estas devem ser processadas exatamente como descrito nas três partes que compõem o processamento. Os chaveiros devem sair do sistema produtivo sem qualquer tipo de deformação, o que exige do discente responsável pela retirada dos compósitos das fôrmas uma análise atenta de cada chaveiro retirado, ou seja, o controle de qualidade será feito visualmente.

### 3.2. Etapa Do – Execução da Produção com Base no Planejamento

Nesta etapa, Desidério (2007) afirma que as tarefas devem ser executadas exatamente como previstas na etapa de Planejamento. Para garantir então a eficiência e eficácia do que foi planejado, antes da execução propriamente dita, foi desenvolvida uma simulação da produção onde apenas cinco chaveiros foram produzidos. Contudo, antes da simulação, um “brainstorming” foi realizado para que todos os envolvidos com a produção pudessem explanar suas dúvidas, dar sugestões ou fazer críticas. As dúvidas, críticas e sugestões consideradas pertinentes pelo grupo serviram para o aperfeiçoamento do planejamento feito. A simulação serviu para garantir o treinamento do método (planejamento com base na ferramenta 5W2H) no ambiente de trabalho, com o intuito de diminuir ao máximo os erros durante a execução real da produção e, também, para análise de alguns quesitos, tais como:

- Ter a certeza de que os discentes selecionados pelo coordenador estavam estudando a metodologia proposta no planejamento;
- Analisar se as tarefas estavam sendo realizadas de acordo com o planejado;
- Verificar se tinha alguém com dificuldades para executar determinada tarefa e;
- Identificar se alguma das cinco amostras produzidas possuía algum defeito.

Após a simulação, iniciou-se a etapa de execução da produção dos compósitos. As figuras (4), (5) e (6) mostram duas das entradas (materiais e equipamentos) utilizadas, o processamento do coco verde e a saída (compósito em formato de chaveiro) do sistema de produção respectivamente.



Figura 4. Materiais - lado esquerdo (resina poliéster, fibras de coco, iniciador, fôrmas de silicone, adesivos e argolas). Equipamentos – lado direito (estufa, moinho de bolas, peneira magnética e agitador mecânico).



Figura 5. Coco verde (parte superior esquerda), coco descascado (parte inferior esquerda), pedaços cortados (meio da figura parte superior), pedaços após a secagem (meio da figura parte inferior), fibras moídas (parte superior direita) e fibras após a separação por peneiras magnéticas (parte inferior direita).



Figura 6. Saída do sistema produtivo - compósitos em formato de chaveiros.

### 3.3. Etapa Check - Verificação

Mesmo com a simulação feita antes do início da produção para garantir que a mesma fosse executada como planejado, era preciso verificar ao final do processo se as tarefas realmente foram executadas em consonância com o planejamento e se os resultados alcançados foram os esperados. Para isto, foi desenvolvida pelo coordenador da produção uma lista de verificação que deveria ser averiguada ao final da produção. A tabela (2) abaixo aponta os principais itens abordados na lista de verificação.

Tabela 2: Principais itens verificados após o processo produtivo.

ITENS (Marcado com "X" os que foram satisfatoriamente atendidos)	VERIFICAÇÕES REALIZADAS
(1) X	Estudo da metodologia (5W2H) implantada no planejamento
(2)	Tarefas realizadas exatamente como planejadas
(3) X	Ninguém teve dificuldades para realizar as atividades

(4)	Nenhum incidente durante a produção
(5)	100% das peças em perfeito estado

Constatou-se então, ao final da produção, que o estudo da metodologia implantada no planejamento foi realizado com êxito, uma vez que durante a produção, o coordenador observou que todos sempre consultavam o documento que continha o planejamento presente neste trabalho, coisa que não foi verificada durante a simulação, onde alguns discentes realizavam alguns processos sem antes consultar o documento (isto foi corrigido durante a própria simulação). Além disso, outro fator que comprovou o êxito do estudo foi o fato de ninguém ter dificuldades para realizar as atividades ao decorrer da produção. Por outro lado, as tarefas não foram realizadas exatamente como planejadas, devido aos seguintes fatores: atraso na entrega das fôrmas, da resina e das argolas (que atrasava o início programado da produção); vazamento de resina quando no momento do preenchimento da fôrma; e tempo de mistura dos componentes (resina, iniciador e fibra) insuficiente – o que comprometeu em parte a homogeneidade da mistura. Paralelamente, dois incidentes ocorreram ao longo da produção: o forte cheiro de resina, que em alguns discentes provocou “dor de cabeça” e irritação nos olhos; e o elevado ruído gerado pelo moinho de bolas quando este estava em operação que, em longo prazo, poderá comprometer a saúde auditiva dos envolvidos com a produção. Finalizando a análise da verificação, detectou-se que dos 100% dos chaveiros produzidos por semana, 15% apresentou algum tipo de deformação (argola mal encaixada, adesivo fora de posicionamento ou rebarba lateral).

### 3.4. Etapa Act – Ações Corretivas

Esta constitui a última etapa do ciclo PDCA, onde ações baseadas nos resultados da etapa anterior devem ser tomadas para impedir que o trabalho e a metodologia continuem sendo desviados dos padrões estabelecidos. Então, tendo como referência os itens que não foram satisfatoriamente atendidos (itens (2), (4) e (5)), verificados na Tab. (2), as seguintes medidas corretivas foram implementadas com o propósito de tornar tais itens satisfatoriamente atendidos todas as vezes que ocorrer a produção:

- Desenvolvimento de um novo MRP para requisição dos materiais fôrma, resina e argola. Neste, aumentaram-se as quantidades requisitadas almejando sempre ter um estoque de segurança. Paralelamente, no novo MRP, os pedidos são feitos para chegar dois dias antes do início programado da produção objetivando evitar atrasos;
- Para evitar o vazamento de resina foram desenvolvidas fôrmas próprias cujas bordas possuíam alturas maiores que as que eram compradas. Uma linha foi marcada dentro da fôrma para indicar até onde a resina deveria ser colocada;
- Visando garantir a homogeneidade da mistura um agitador elétrico foi adquirido. Como o tempo de mistura deve ser elevado, o responsável pela tarefa ficava exposto a um esforço prolongado e repetitivo que futuramente poderia vir a ocasionar uma LER (Lesão por Esforço Repetitivo);
- O forte cheiro da resina que provocava em alguns discentes ardência nos olhos e dor de cabeça, levou à necessidade da aquisição de um exaustor para diminuir o “cheiro” de resina dentro do laboratório e, também, de máscaras, para evitar a exposição direta ao odor;
- Para atenuar o ruído de alta frequência gerado pelo moinho de bolas colocou-se uma caixa de papelão espesso em volta do mesmo criando-se assim um isolamento acústico.
- E com o intuito de diminuir a percentagem de deformação nos chaveiros quando já prontos, estabeleceu-se um padrão (com medidas e instruções) que explica detalhadamente como as argolas devem ser encaixadas e como os adesivos devem ser colados. Já para garantir o formato adequado dos compósitos, a coordenação da produção passou a fiscalizar com mais frequência a etapa de adição de iniciador à resina (para verificar se apenas 1% estava sendo adicionada), pois esta é a principal etapa para determinação da retração dos compósitos.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização da ferramenta PDCA para auxiliar na gestão da produção dos compósitos poliméricos possibilitou um perfeito direcionamento das ações relacionadas ao processo produtivo, uma vez que em posse desta ferramenta pôde-se planejar e executar a produção de acordo com o planejamento, verificar ao final da produção se o que foi planejado foi realmente executado e tomar medidas corretivas em cima da verificação para impedir que o trabalho e a metodologia continuassem sendo desviados dos padrões estabelecidos. Em suma, os principais elementos que facilitaram a implantação do PDCA foram: a necessidade de planejar as ações constituintes do processo produtivo dos compósitos, pois antes da implantação do PDCA havia desorganização e dúvidas quanto à execução de alguns procedimentos; necessidade de verificar e quantificar durante a produção a ocorrência de incidentes, visto que antes da aplicação da ferramenta mencionada ocorreram alguns imprevistos indesejados tanto para as operações da produção, quanto para os operadores; e a necessidade de minimizar os falhas no produto final (compósitos em formato de chaveiro). É importante salientar a necessidade de reaplicação da metodologia PDCA, pois os resultados da verificação mostraram que não foi



possível atingir os resultados propostos (apenas dois dos cinco itens verificados foram satisfatoriamente atendidos). O método PDCA será reaplicado e, brevemente, um novo trabalho será divulgado para explanação dos resultados.

Antes mesmo do surgimento da idéia que permitiu a aplicação da ferramenta PDCA para auxiliar na administração do processo produtivo dos compósitos, outro fator foi crucial para que a produção tivesse seu início: a preservação ambiental. A idéia consistia em desenvolver um produto que viesse a gerar um estímulo para reciclagem de materiais e, conseqüentemente, proporcionar a preservação do meio ambiente. Então, para promover esse estímulo, utilizou-se a fibra oriunda do coco verde, um fruto abundante principalmente no nordeste brasileiro e que geralmente é descartado (muitas vezes em praias e calçadas) após o consumo de sua água.

Conclui-se então que a partir da aplicação da ferramenta PDCA alguns dos gargalos da produção puderam ser eliminados ou amenizados, como por exemplo, a deformação nos chaveiros, o forte odor da resina e o elevado ruído gerado pelo moinho de bolas. Porém, há a necessidade de reaplicação da metodologia proposta para que uma nova avaliação do processo produtivo seja feita, com o intuito de analisar se os itens descritos na verificação serão satisfatoriamente atendidos. Em paralelo a aplicação do PDCA, a promoção de um estímulo para a reciclagem de materiais também foi idealizada através da reciclagem do coco verde.

## 5. REFERÊNCIAS

- Boto, C.S., 2006, “Ciência e Tecnologia de Materiais Compósitos”, apresentação de trabalho sobre resina de poliéster, Coimbra.
- Bledzki, A.K., Gassan, J., 1999, “Composite Reinforced With Cellulose Based Fibers”, Vol. 24, p. 200-272.
- Campos, V.F., 2004, “Controle da qualidade total no estilo japonês”, Minas Gerais/Nova Lima: INDG.
- Corrêa, A., Barbosa, D.O., Paixão, J.N.V., Braz, M.R.S., 2004, “Geração de conhecimento a partir do uso do ciclo PDCA”, artigo apresentado durante XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Florianópolis – SC, Brasil, 03 a 05 de novembro.
- Davis, M.M., Aquilano, J.N., Chase, B.R., 2001, “Fundamentos da Administração da Produção”, Vol. 3, Porto Alegre, Bookman editora, p-24.
- Desidério, Z., 2007, “ISO 9001 – PDCA”. 13 de setembro de 2007, <[http://www.oficinadanet.com.br/artigo/555iso\\_9001\\_-\\_pdca](http://www.oficinadanet.com.br/artigo/555iso_9001_-_pdca)>
- Mariani, C.A., Pizzinato, N.K., Farah, O.E., 2005, “Método PDCA e Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos Industriais”, XII Simpósio de Engenharia de Produção – SIMPEP, Bauru – SP, 07 a 09 de novembro.
- Meirim, H., “A importância dos sistemas de gestão da produção”. 20 de abril de 2006, <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/a-importancia-dos-sistemas-de-gestao-de-producao/12084/>>
- Pasello, A., 2009, “Artigo 5W2H: Uma ferramenta administrativa”. 27 de março de 2009, <<http://www.institutojetro.com/lendoartigo.asp?t=2&a=1488>>
- Santos, A.M., 2006, “Estudo de Compósitos Híbridos Polipropileno/Fibras de vidro e coco para aplicações em engenharia”, Curitiba.
- Starr, M.K., 1927, “Administração da Produção: Sistemas e Sínteses”, Vol. 4, São Paulo, Ed. Edgar Blucher, 1988 reimpressão, p. 46 e 62.
- Skora C.M., 2006, “PDCA: O Ciclo Mágico”. 06 de julho de 2006, <<http://www.administradores.com.br/informe-se/artigos/pdca-o-ciclo-magico/995/>>
- Swann, D., 1983, “Engenharia Industrial”, Vol. 15, n.8, p.34-40.



**VI CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**VI NATIONAL CONGRESS OF MECHANICAL ENGINEERING**  
**18 a 21 de agosto de 2010 – Campina Grande – Paraíba - Brasil**  
*August 18 – 21, 2010 – Campina Grande – Paraíba – Brazil*

## **USE OF THE PDCA TOOL TO ASSIST THE MANAGEMENT OF PRODUCTION OF COMPOSITES POLYMER, MADE OF COCONUT FIBERS AND POLYESTER RESIN: AN APPROACH TO PRESERVING THE ENVIRONMENT**

***Abstract.** In this work was used the PDCA tool to help in the management of the production of polymer composites made from coconut fibers and polyester resin. With the application of this tool is possible to describe in detail: production planning, execution based on planning, verification of the results based on implementation and corrective actions have been taken to optimize the production system. Furthermore, the aim was also to stimulate awareness toward recycling in order to reduce the impact on the environment caused by erroneous discarding of materials. This is because one of the raw materials involved in the production process was the fiber coming from the coconut, fruit that, after consumption of its water, is hurled on beaches and sidewalks, thus attacking the environment in which we live.*

***Keywords:** Production management, PDCA tool, Environmental preservation.*