

INOVAÇÃO TECNOLÓGICA: UMA EXPERIÊNCIA DO I.P.T.

João Alberto Câmara Sodré*

INTRODUÇÃO

O "Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT" por sua natureza, mantém contato com diversos setores industriais, identificando, assim, as necessidades de tais setores no que se refere ao desenvolvimento de novas tecnologias e promovendo, sempre que possível, tal desenvolvimento. Dentro dessa linha, o "Agrupamento de Engenharia de Embalagens" do IPT, analisando os métodos e equipamentos utilizados no controle da qualidade das caixas de papelão ondulado percebeu que tais equipamentos, por serem importados ou fabricados no Brasil em regime de monopólio, apresentam alto custo. Devido a isso, a utilização desses equipamentos por parte das indústrias fabricantes ou consumidoras das caixas de papelão ondulado, muitas delas de pequeno ou médio porte, é bastante limitada, comprometendo a execução do controle da qualidade em tais indústrias, com prejuízo para as mesmas e para o país.

Uma vez identificado isto, o IPT, dentro do "Programa de Normalização, Qualidade e Certificação de Produtos Industriais", da SICCT, desenvolveu uma nova tecnologia para execução do controle da qualidade das caixas de papelão ondulado, tecnologia esta que apresenta sensíveis vantagens sobre aquela atualmente em uso: custo reduzido dos equipamentos; maior simplicidade de operação, calibração e manutenção dos mesmos e maior precisão nos resultados dos ensaios. A alternativa apresentada pelo IPT constitui uma inovação tecnológica do controle da qualidade das caixas de papelão ondulado e consta de novos equipamentos e normas de ensaios para a avaliação das duas principais características das caixas de papelão ondulado, do ponto de vista do desempenho das mesmas como embalagem: resistência à compressão e resistência à perfuração.

O presente trabalho tem por objetivo apresentar a experiência vivida pelo IPT no desenvolvimento dessa nova tecnologia, procurando utilizar tal apresentação para conceituar alguns termos básicos do campo da Administração de C & T, tais como: pesquisa, engenharia, fabricação, consumo, ciência, tecnologia, novidade, inovação, descoberta, invenção e protótipo, tomando como base o modelo de vinculação proposto pelo Prof. Dr. Henrique Silveira de Almeida, em sua tese de doutorado "Um Estudo do Vínculo Tecnológico entre Pesquisa, Engenharia, Fabri-

cação e Consumo" (Escola Politécnica da USP; Departamento de Engenharia de Produção, 1981). Esta apresentação enfocará apenas o desenvolvimento do aparelho/ensaio de flexão utilizado na avaliação da resistência à compressão das caixas de papelão ondulado, por ser o desenvolvimento do aparelho/ensaio de perfuração conceitualmente análogo ao anterior.

APRESENTAÇÃO DO MODELO DE VINCULAÇÃO (Almeida, 1981)

O modelo de vinculação consta de um sistema composto pelos elementos de estoque: Homem(H), Bens(B), Tecnologia(T) e Ciência(C) e elementos de transformação: Pesquisa(P), Engenharia(E), Fabricação(F) e Consumo(Co) relacionados conforme ilustrado na figura 1.

O elemento Homem significa Humanidade e contém todos os atributos de quantidade e qualidade do Homem integral: energia, vontade, inteligência, memória. Num sistema específico, tal elemento representa a coleção de pessoas envolvidas.

O elemento Bens simboliza todo o patrimônio real, a totalidade das coisas físicas. Inclui, portanto, produtos, máquinas, instalações, matérias-primas, natureza.

O elemento Ciência reúne todo o patrimônio científico existente, isto é, a somatória de todas as respostas às perguntas "por que".

O elemento Tecnologia representa todo o acervo tecnológico disponível, quer dizer, o conjunto das respostas às perguntas "como" se pode fazer os bens. Inclui, portanto, métodos, técnicas, procedimentos que, quando aplicados, produzem os bens.

Os elementos Ciência e Tecnologia constituem o *software*, isto é, o acervo de conhecimentos. O modelo de vinculação impõe a condição de que esses conhecimentos ou informações sejam registrados. Assim, todo o conhecimento existente, mas não registrado, faz parte do elemento Homem, isto é, está incorporado ao Homem, mas não faz parte dos estoques Ciência ou Tecnologia.

Os elementos de estoque Ciência, Tecnologia, Bens e Homem são entradas e/ou saídas dos elementos de transformação Pesquisa, Engenharia, Fabricação e Consumo. Segundo o modelo, Pesquisa é o elemento que transforma as entradas Ciência, Tecnologia, Bens e Homem em Ciência, isto é, Pesquisa é a busca do conhecimento científico (dos "porquês") pelo homem que, para isso, se utiliza de produtos, equipamentos, materiais (Bens) e de informação científica e tecnológica (Ciência e Tecnologia). O conhecimento resultante da pesquisa, isto é, a informação resultante, parte fica incorporada ao Homem e parte é comunicada e registrada como Ciência.

* Pesquisador do Centro Técnico em Celulose e Papel do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A - IPT; mestrando do Departamento de Engenharia de Produção da Escola Politécnica da USP.

O autor agradece ao Engenheiro Ernesto F. Pichler, chefe da Unidade de Engenharia de Embalagens pelas informações prestadas na elaboração deste trabalho.

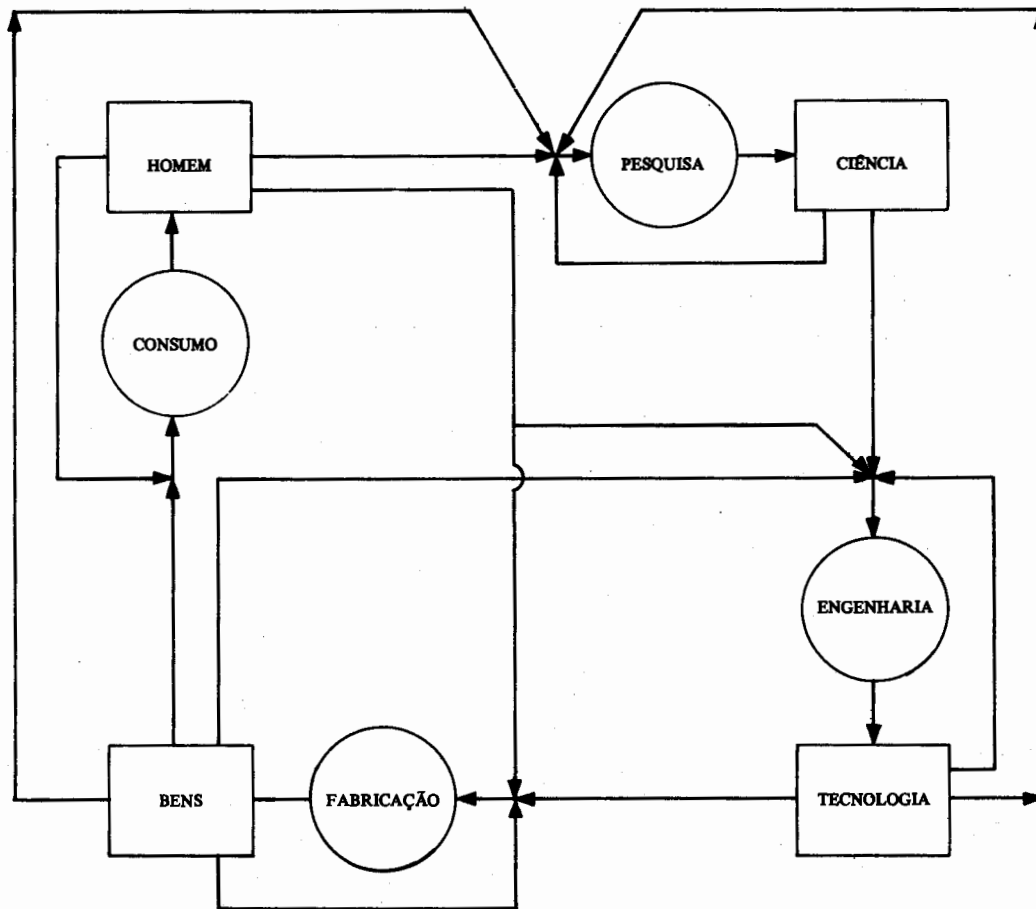


FIGURA 1 – Modelo de Vinculação.

De forma análoga, Engenharia é o elemento que transforma Ciência, Tecnologia, Bens e Homem em Tecnologia, isto é, em conhecimento registrado de como produzir bens.

Fabricação é a transformação de Bens, Tecnologia e Homem em Bens, isto é, Fabricação é o processo pelo qual homens, usando tecnologia e bens, produzem outros bens. Aqui o termo Fabricação está sendo utilizado como sinônimo de "Produção" e o termo Bens corresponde à noção econômica que inclui, na mesma palavra, os produtos e os serviços. Porém, os serviços não se acumulam formando estoques, pois os processos de produção e consumo dos mesmos são simultâneos. No entanto, com essa consideração de simultaneidade feita, o modelo de vinculação incorpora os serviços como pertencentes ao estoque Bens.

Consumo é a transformação de Homem e de Bens em Homem. O consumo de bens ou serviços por parte dos homens provoca mudanças, às vezes apenas qualitativas, nos homens ao satisfazer suas necessidades.

Com base nesses conceitos, outros termos como descoberta, invenção, protótipo, inovação tecnológica etc. podem ser definidos. A noção de novidade, que pelo modelo de vinculação agrupa os conceitos de descoberta, invenção e protótipo, relaciona-se com os elementos de estoque e transformação. Segundo o modelo, um elemento de estoque constitui uma novidade quando

o mesmo foi obtido, pela primeira vez, como saída de uma transformação. Assim, um conhecimento científico, obtido pela primeira vez da transformação Pesquisa, corresponde à uma novidade do estoque Ciência denominada "descoberta".

Já invenção é uma tecnologia obtida pela primeira vez da transformação Engenharia, isto é, invenção é uma novidade do estoque Tecnologia. O protótipo é uma novidade do estoque Bens, isto é, é um bem obtido, pela primeira vez, como resultado da transformação Fabricação. Por analogia, o resultado obtido, pela primeira vez, da transformação Consumo é uma novidade do estoque Homem, novidade esta que o modelo da vinculação denomina "Proto-homem".

O modelo proposto também permite uma definição clara do conceito de inovação tecnológica. Segundo o modelo, o conceito de inovação está diretamente ligado ao conceito de transformação, pois inovação é a utilização, pela primeira vez, de algum elemento de estoque como entrada de uma transformação. Assim, pode-se inovar a pesquisa utilizando-se, pela primeira vez, um equipamento de laboratório (Bem) ou utilizando-se, pela primeira vez, uma tecnologia ou um conhecimento científico. De forma análoga, a transformação Engenharia pode ser inovada, utilizando-se, pela primeira vez, um conhecimento científico, ou uma tecnologia, ou um bem (equipamento, matéria-prima etc.) ou mesmo um elemento do estoque Homem

(um novo membro da equipe). As transformações Fabricação e Consumo podem ser inovadas pela utilização de algum elemento de estoque, pela primeira vez, como entrada das mesmas. Assim, inovação tecnológica pode ser entendida como a utilização, pela primeira vez, de uma tecnologia como entrada de uma transformação. Dessa forma, uma inovação tecnológica pode ocorrer nas transformações Pesquisa, Engenharia e Fabricação, mas não ocorrerá na transformação Consumo, pois tal transformação não utiliza o elemento Tecnologia como entrada.

O modelo de vinculação permite, entre outras coisas, tirar algumas conclusões a respeito dos conceitos apresentados. Dentre elas, pode-se citar o seguinte: a inovação de uma transformação qualquer não necessariamente resulta em uma novidade como saída de tal transformação. Assim, por exemplo, uma inovação tecnológica da transformação Fabricação pode não alterar o bem fabricado. No entanto, toda novidade é resultante de uma transformação que foi inovada. Por exemplo, o protótipo é uma novidade do estoque Bens resultante de uma transformação Fabricação, transformação esta que, necessariamente, sofreu alguma inovação, pois caso não sofresse alguma inovação, tal fabricação daria origem a um bem que seria apenas uma repetição de outro bem já fabricado, não se constituindo, portanto, em uma novidade do estoque Bens.

Como exemplo da utilidade do modelo de vinculação como uma ferramenta conceitual de análise, será apresentada, a seguir, a experiência do IPT no desenvolvimento de uma inovação tecnológica do controle da qualidade das caixas de papelão ondulado.

APRESENTAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DO APARELHO/ENSAIO DE FLEXÃO

A resistência à compressão de uma caixa de papelão ondulado é uma característica muito importante para a avaliação do desempenho da caixa como embalagem e, portanto, tal característica é sempre acompanhada pelo controle da qualidade dos fabricantes e/ou consumidores, quando este é exercido. Tradicionalmente, a resistência à compressão da caixa de papelão ondulado é estimada através de um ensaio de coluna realizado sobre um corpo de prova retirado da chapa de papelão. O ensaio de coluna é realizado por um equipamento que fornece a resistência de coluna do material (R_C), que é a resistência que o corpo de prova oferece antes de ser esmagado por uma força paralela ao eixo das ondas. Com esse valor, entra-se na fórmula desenvolvida por McKee e colaboradores (McKee, 1983):

$$E = K \cdot R_C \sqrt{e \cdot Z}$$

onde: E = resistência à compressão da caixa
Z = perímetro da caixa
e = espessura do papelão
 R_C = resistência de coluna do material
K = parâmetro estimado experimentalmente

Tal ensaio apresenta algumas restrições que limitam

seu uso no controle da qualidade das caixas de papelão ondulado, a saber:

- alto custo do equipamento utilizado no ensaio de coluna que, ou é importado ou fabricado no Brasil em regime de monopólio;
- o equipamento é de operação relativamente complexa, exigindo calibração e manutenção frequentes;
- o ensaio de coluna apresenta problemas de escorregamento do corpo de prova quando este sofre o carregamento. Isso provoca distorções na medida da resistência de coluna (R_C), causando redução na precisão da fórmula de McKee. (O erro médio apresentado por tal fórmula é 6,5% para a onda C e 13% para a onda BC).

Em face a tais restrições, a "Unidade de Engenharia de Embalagens" do IPT, dentro do Programa de Normalização, Qualidade e Certificação de Produtos Industriais desenvolveu um estudo de correlação entre as propriedades das caixas de papelão e as propriedades desse material (Relatório IPT, 1980), obtendo com resultado uma fórmula para a resistência à compressão da caixa:

$$E = K \frac{Z^\alpha}{f^\beta}$$

onde: E = resistência à compressão da caixa
Z = perímetro da caixa
f = flecha (deformação sofrida pelo corpo de prova)
K, α , β = parâmetros estimados experimentalmente.

Para medir a flecha (f), desenvolveu-se um equipamento (figura 2), partindo-se dos conhecimentos científicos da Teoria da Resistência dos Materiais, baseado em um carregamento pontual na extremidade livre do corpo da prova. Simultaneamente ao desenvolvimento do equipamento foi preparado um projeto de norma para o ensaio de flexão o qual foi encaminhado a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e à Associação Brasileira de do Papelão Ondulado (ABPO) para discussão.

Esse procedimento alternativo para estimar a resistência à compressão das caixas de papelão ondulado, com base na flexão do corpo de prova retirado da chapa de papelão, apresenta sensíveis vantagens sobre o método tradicional baseado no ensaio de coluna:

- o equipamento é externamente simples de ser construído e operado;
- o equipamento utilizado no ensaio de flexão apresenta custo muito inferior ao equipamento utilizado no ensaio de coluna (o custo do equipamento desenvolvido pelo IPT é de cerca de Cr\$ 15.000,00, enquanto o equipamento do ensaio de coluna custa, na versão fabricada no Brasil, Cr\$ 700.000,00);
- a precisão do método proposto pelo IPT para estimar a resistência à compressão das caixas é maior que a precisão do método tradicional.

(O erro médio do método IPT é de 5,0% para a onda C e 9,5% para a onda BC, enquanto que o

método tradicional apresenta erro médio de 6,5% para a onda C e 13,0% para a onda BC).

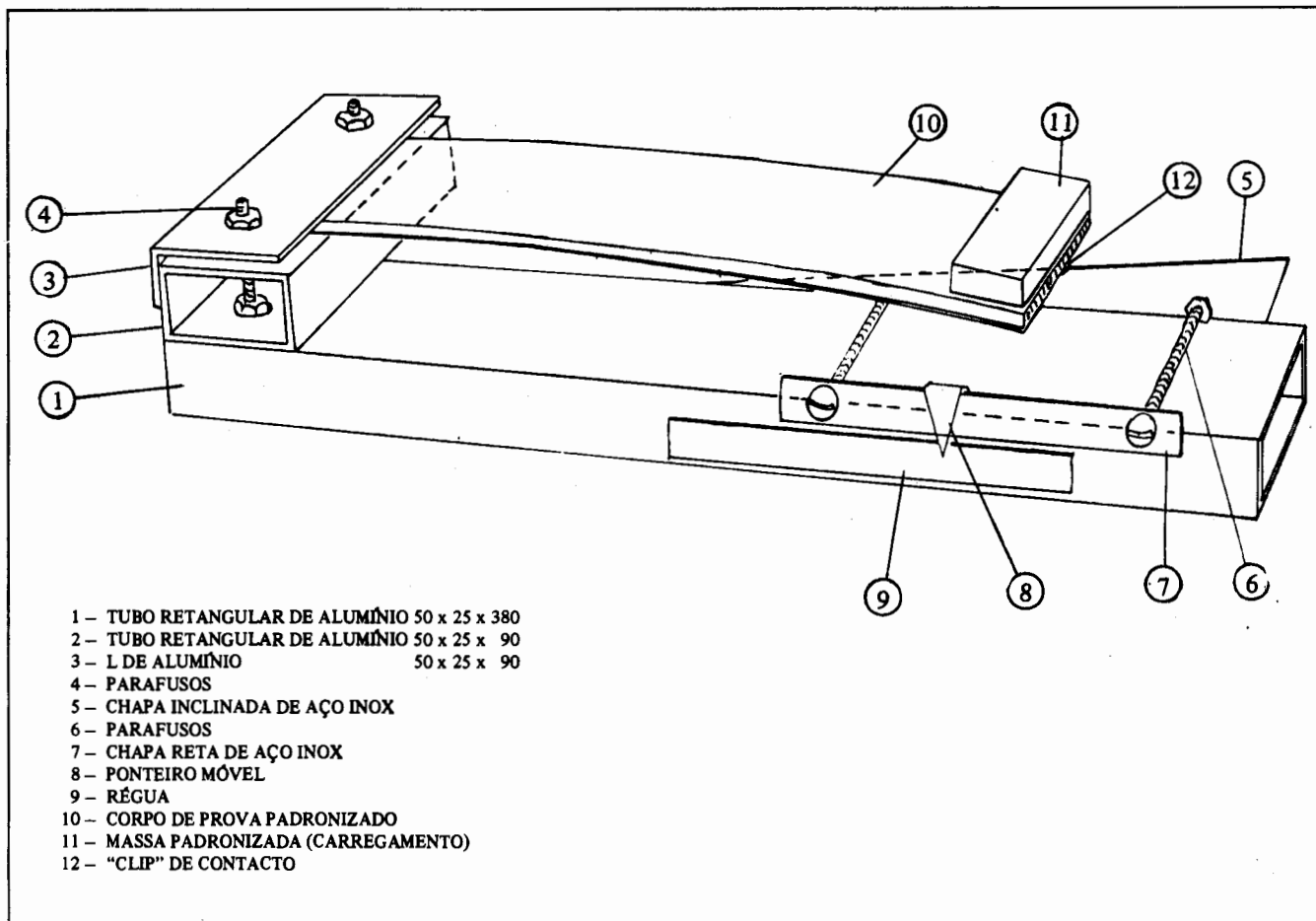


FIGURA 2 – Aparelho para Ensaio de Flexão.

APLICAÇÃO DO MODELO DE VINCULAÇÃO NA ANÁLISE DO DESENVOLVIMENTO DO APARELHO/ENSAIO DE FLEXÃO

Com base no que foi apresentado, pode-se dizer que o IPT desenvolveu uma inovação tecnológica. Para tanto, foi executada uma atividade de Engenharia que deu origem à invenção de um novo equipamento e de um novo ensaio (novidades). A fabricação desse equipamento, pela primeira vez, deu origem a um protótipo e a utilização desse equipamento e do ensaio de flexão, pela primeira vez, no controle da qualidade das caixas de papelão ondulado inovou tal controle da qualidade.

Pela aplicação do modelo de vinculação pode-se identificar perfeitamente todas essas ocorrências. A figura 3 apresenta a rede gerada pela aplicação do modelo sobre o desenvolvimento descrito. Para facilidade de apresentação, essa rede foi dividida em três fases, a saber:

- Fase I – Desenvolvimento do projeto do equipamento para determinação da flecha e da norma para utilização desse equipamento (norma do ensaio de flexão);

- Fase II – Fabricação do equipamento;
- Fase III – Utilização do equipamento e da norma do ensaio de flexão no controle da qualidade das caixas de papelão ondulado.

O projeto do equipamento (T₂) e a norma do ensaio de flexão (T₂) foram resultantes de uma atividade de engenharia (E1) que partiu dos conhecimentos científicos da Resistência dos Materiais (C1) e de conhecimentos tecnológicos (T1), de homens, isto é, das pessoas que executaram a atividade de engenharia (H1) e de bens, tais como materiais de escritório, instalações do laboratório etc. (B1). O projeto do equipamento e a norma do ensaio de flexão constituíram, dessa forma, uma tecnologia (T2) que, como foi obtida pela primeira vez, correspondeu à uma invenção, isto é, uma novidade do estoque Tecnologia gerada pela transformação Engenharia.

O projeto (T₂) foi utilizado, junto com os bens, tais como matérias-primas e ferramentas (B2) e a mão-de-obra (H2) na fabricação (F2) do equipamento para determinação da flecha (B3). Quando esse equipamento foi obtido pela primeira vez recebeu a denominação de protótipo.

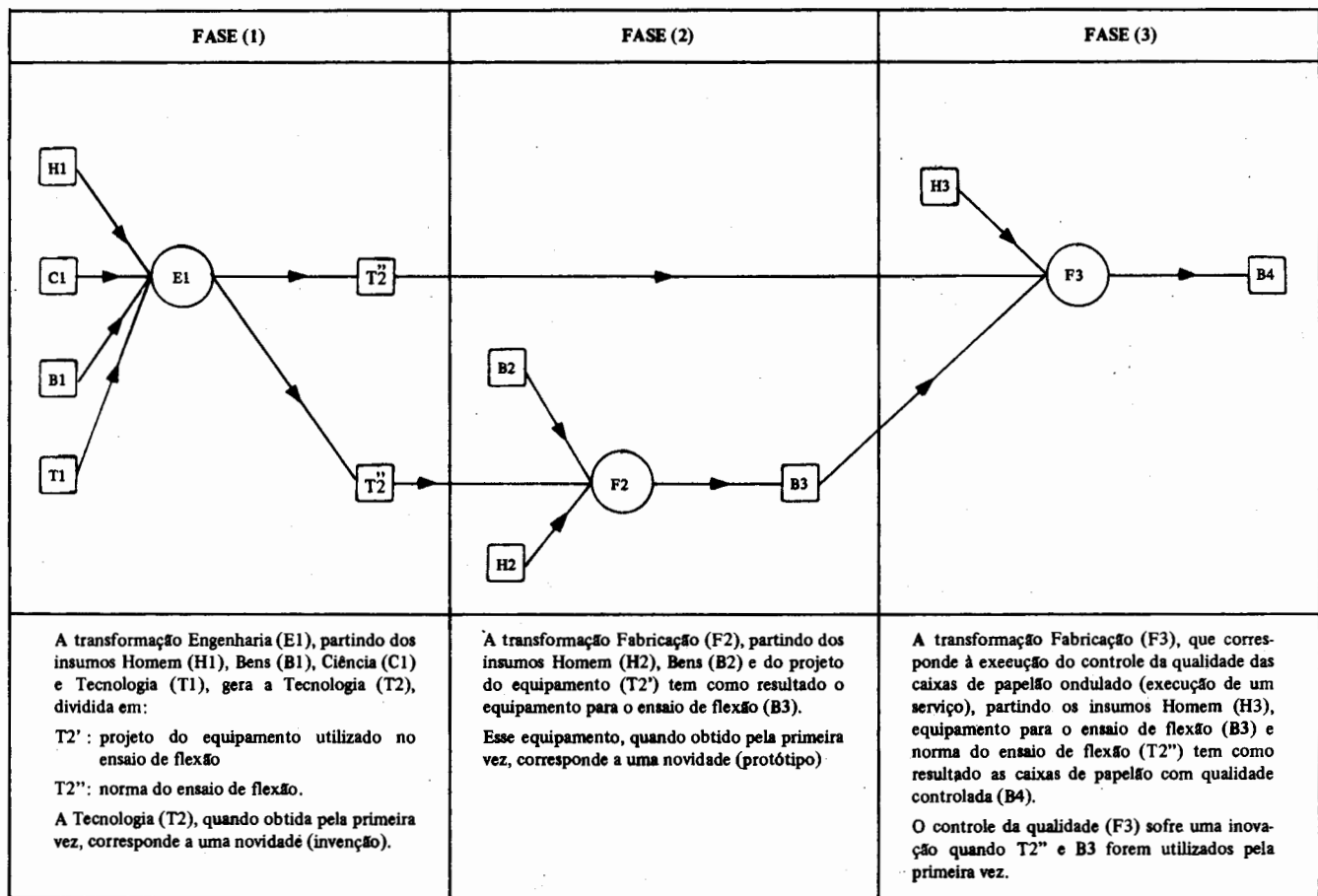


FIGURA 3 – Aplicação do Modelo de Vinculação.

O equipamento (B3) e a norma do ensaio de flexão (T2'') foram utilizados pelos inspetores da qualidade (H3) na execução do controle da qualidade das caixas de papelão ondulado (F3), dando origem às caixas de papelão com qualidade controlada (B4). Quando o equipamento (B3) e a norma do ensaio de flexão foram utilizados pela primeira vez no controle da qualidade das caixas de papelão ondulado, inovaram tal controle da qualidade.

CONCLUSÕES

O presente trabalho serviu para mostrar, através de um exemplo de aplicação, o potencial do modelo de vinculação

como um instrumento conceitual de análise. Tal modelo permite definir outros termos básicos do campo da Administração de C & T, tais como, transferência de tecnologia, difusão, *know-how*, *know-why*, P & D etc. É claro que esse modelo, não esgota o problema de conceituar os termos utilizados no campo da Administração de C & T. No entanto, o modelo de vinculação fornece uma estrutura lógica para o ataque desse problema, diminuindo, com isso, as confusões geradas pelas diversas definições, muitas vezes contraditórias, de cada um dos termos discutidos neste trabalho. Ser um uniformizador de linguagem é, pois, o maior mérito do modelo de vinculação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, H.S. *Um Estudo do Vínculo Tecnológico entre Pesquisa, Engenharia, Fabricação e Consumo*. Extraído do cap. 3, 1981.
- McKEE, R.C.; GANDER, J.W. & WACHUTA, J.R. *Compression Strength Formula for corrugated box*. EUA, Institute of Paper Chemistry, Set. 1983.

Relatório IPT n.º 13540, 1980.