

PROCESSO DE ANÁLISE DE DECISÃO DA AUTOMAÇÃO NA MANUFATURA AERONÁUTICA

Ferreira, Douglas D., douglasdalvi@gmail.com

Trabasso, Luis G., gonzaga@ita.br

Instituto Tecnológico de Aeronáutica - Praça Marechal Eduardo Gomes, 50 - Vila das Acácias
CEP 12.228-900 – São José dos Campos – SP – Brasil

Abstract. *This paper proposes a simple method for assessing the implementation of process automation in aerospace manufacturing. The method is based upon four main analysis: industrial strategy alignment, process detailing, financial analysis and final decision outcome. The motivation for deriving the method described herein has been driven by the increasing need for automation on aerospace manufacturing, considering the current low level of automation of aerospace manufacturing processes. A simple case study is used to show the results and benefits of the proposed method..*

Keywords: *Automação Industrial, Manufatura Aeronáutica, Decisão da Automação*

1. INTRODUÇÃO

A automação industrial tem o potencial de aumentar a produtividade, reduzir custos, aumentar a qualidade, a repetibilidade e a flexibilidade de processos industriais. Dessa forma ela vem sendo utilizada amplamente nos diversos setores industriais [1].

Devido às peculiaridades do setor aeronáutico (regulamentações e certificações, por exemplo), a automação ainda não é tão empregada nesse setor, quando comparada com o nível de automação em outros setores industriais. Todavia, a indústria aeronáutica tem constatado a automação como um recurso para melhorar seu processo produtivo e tornar-se cada vez mais competitiva no cenário mundial [2].

Esses fatores tem feito com que a automação ganhasse grande destaque no processo de manufatura aeroespacial. Uma característica relevante em soluções de automação é o seu alto custo de implantação, em geral. Esse alto custo torna a decisão pela automação uma questão que deve ser avaliada de forma criteriosa e cuidadosa, para que a uma solução automatizada não seja adotada por uma questão política ou baseada apenas na experiência de pessoas em uma empresa.

Esse trabalho propõe a elaboração de um método simples para análise de processos candidatos a serem automatizados (mesmo que ainda estejam em fase de concepção). Esse método baseia-se na análise sistêmica e imparcial dos processos envolvidos do ponto de vista técnico e financeiro.

2. AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL

A automação de um processo torna-o capaz de verificar seu próprio funcionamento e agir sobre ele mesmo, reduzindo a necessidade da intervenção humana [1]. No que se refere à industrialização, a automação procura reduzir/eliminar a necessidade sensorial e mental do ser humano com a inserção de sistemas (mecânicos ou eletrônicos, geralmente) que substituem as funções desempenhadas pelos operadores, reduzindo, como consequência, a variabilidade dos processos industriais.

Várias são as razões elicitadas para que se aplique automação em processos industriais. [1]:

- **Aumento de produtividade:** muitas vezes a automação pode proporcionar o aumento da taxa de produção;
- **Segurança:** a automação de um processo permite que operações perigosas para o homem possam ser executadas sem a sua intervenção direta, aumentando a segurança inerente ao processo;
- **Qualidade:** normalmente, a automação leva a obtenção de maior qualidade dada à inserção de sistemas computadorizados e sensores capazes de compensarem os erros e aumentar a precisão;
- **Repetibilidade:** diferentemente de um processo manual, um processo automático é desenvolvido para que as operações sejam repetidas sempre da mesma forma dentro de tolerâncias estabelecidas, diminuindo a retrabalhos e não conformidades;
- **Ergonomia e segurança:** operações que podem trazer riscos a um operador humano podem ser executadas por dispositivos automáticos de modo a evitar problemas de ergonomia ou até mesmo de segurança na operação;
- **Redução de mão de obra:** a automação leva a redução da intervenção humana e possibilita, normalmente, a substituição de um número significativo de pessoas, reduzindo assim o custo operacional;
- **Flexibilidade:** possibilidade de reconfiguração e adaptação a novas situações sem grandes investimentos..

Essas foram as principais razões que levaram indústrias de outros setores, como por exemplo o automotivo, a investir amplamente na automação de seus processos. Essas são as mesmas razões que tem levado a indústria aeronáutica a buscar essas mesmas alternativas.

A Figura 1 mostra um sistema automatizado para furação e cravação de rebites. Esse sistema opera sobre um trilho flexível (por isso é conhecido como *flex track*), que é posicionado sobre a fuselagem de uma aeronave e permite uma operação mais rápida e com menor número erros quando comparada a operação manual. Esse sistema pode trabalhar em superfícies com geometrias variadas, como é o caso de fuselagem e não necessita ser posicionado com exatidão, já que o software de controle associado compensa o posicionamento do sistema e executa os furos corretamente.

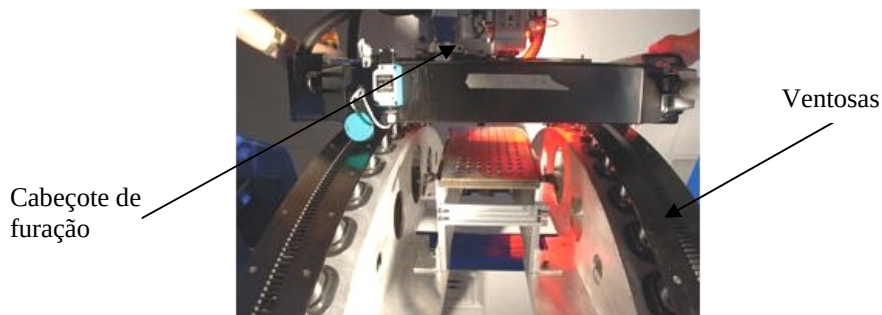


Figura 1. Sistema *Flex Track* utilizado para furação de grandes segmentos estruturais. [3]

Esse sistema foi desenvolvido para aviões comerciais da Boeing e está sendo utilizado também em seções da fuselagem do F-15. Pretende-se também utilizar esse conceito para junção dos painéis da asa e junção de fuselagem do B787 Dreamliner. [4]

A Figura 2 mostra um robô de furação e rebiteagem utilizado pela empresa de serviços aeronáuticos Stork-Fokker em componentes de material composto e de alumínio. A figura mostra esse sistema executando a furação de uma superfície de comando de material composto.



Figura 2. Robô de furação e rebiteagem - Stork-Fokker. [5]

A flexibilidade inserida pela automação desse processo permite que oito diferentes partes de diferentes aeronaves – o helicóptero NH 90 e os jatos Falcon 7X e Gulfstream G550 sejam processadas utilizando o mesmo equipamento básico. O sistema automatizado permite ainda a operação com materiais diferentes, trabalhando tanto com composto como com alumínio.

Esses exemplos mostram a tendência de automação dos processos de manufatura aeronáuticos [2]. Mesmo assim, a opção pela automação deve ser criteriosa e sistemática com o intuito de identificar os processos que melhor se beneficiariam da versão automática. Para isso, torna-se necessária a elaboração de um processo de análise que avalie todos os itens relevantes, envolvendo as áreas relevantes e que esteja de acordo com as estratégias da empresa.

3. MÉTODO DE ANÁLISE

A Figura 3 apresenta a notação que será utilizada na para análise do fluxo do processo. Essa notação é composta principalmente pelos operadores de evento, que gatilham uma função ou mais de acordo com os operadores lógicos vinculados. Podem ser utilizadas também ferramentas para facilita a execução das funções.

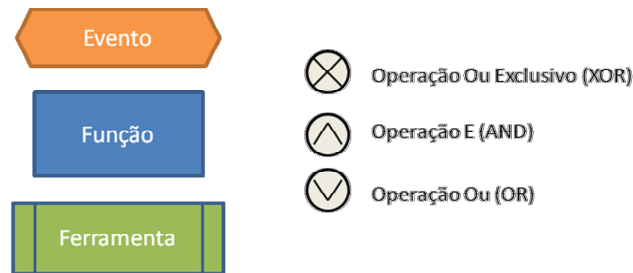


Figura 3. Operadores utilizados para descrição do fluxo do processo.

A Figura 4 demonstra a proposta desse trabalho. Uma possibilidade de automação dispara um processo de análise decisória que irá definir a escolha ou não pela automação desse processo em questão.

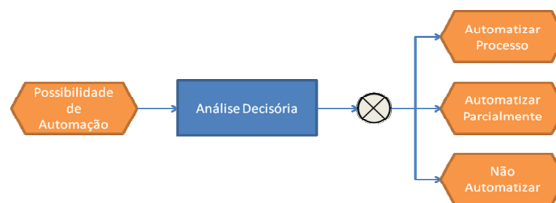


Figura 4. Fluxo simplificado de decisão do método proposto.

A etapa representada pela caixa análise decisória consiste no método de análise propriamente dito. Essa análise deve abranger alguns pontos importantes, quais sejam: a estratégia da empresa, levantamento das informações dos processos manual e automático, análise financeira e decisão final. A Figura 5 apresenta o detalhamento dos quatro aspectos anteriormente citados.

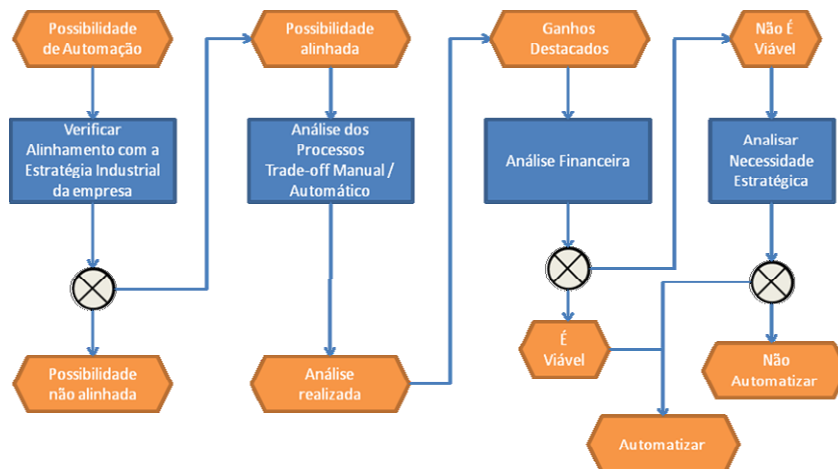


Figura 5. Fluxo de análise de decisória.

O método proposto apresenta o seguinte fluxo sequencial:

- Estratégia Industrial: verificação do alinhamento da solução com a estratégia da empresa. Itens como verificação de recursos restritivos de capacidade (gargalos) e domínio tecnológico devem ser analisados;
- Análise dos Processos: obtenção de informações dos processos manuais e automáticos para verificação dos reais ganhos e permitir a análise financeira;
- Análise Financeira: verificação do desempenho financeiro das soluções manual e automática com o intuito de compará-las e permitir uma decisão sobre as mesmas.
- Análise Final: processo de decisão baseado nas informações obtidas e na necessidade da empresa, computando-se também os ganhos intangíveis como domínio tecnológico, estrutura de montagem mais limpa, ergonomia e segurança.

Cada uma das etapas do método proposto é detalhada a seguir.

3.1. Estratégia Industrial

A Estratégia Industrial de uma empresa representa as diretrizes que devem ser seguidas para desenvolvimento de seu processo de produção. Para que as soluções estejam alinhadas com a estratégia, alguns aspectos devem ser observados. A Figura 6 apresenta os aspectos principais que devem ser verificados: análise de gargalos, necessidade de domínio tecnológico e análise de atividades *core* da empresa.

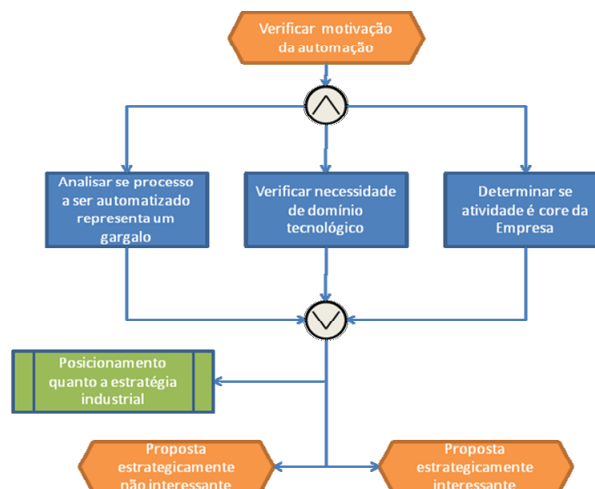


Figura 6. Fluxo de verificação do alinhamento com a Estratégia Industrial.

Cada um dos três itens constitutivos da estratégia industrial são definidos como:

- **Análise de gargalos:** a Teoria das Restrições [6] mostra que os processos que devem ser modificados para se obter ganhos reais são aqueles que representam gargalos produtivos. Portanto, os processos candidatos à versão automática devem aqueles que representem gargalos produtivos e em caso positivo irão, possivelmente, apresentar ganhos com a sua automação;
- **Domínio tecnológico:** a necessidade de domínio tecnológico representa a necessidade de desenvolvimento em determinado processo ou tecnologia para acompanhar o mercado e fazer com que a empresa permaneça competitiva. Esse aspecto deve ser analisado pois influencia diretamente no processo produtivo dos períodos futuros da empresa;
- **Atividade *core*:** essa análise deve verificar se o processo em análise representa um processo desejado pela empresa como uma de suas principais atividades. Caso esse processo não represente uma atividade de interesse vital da empresa, não é interessante investir na automação desse processo.

Essas três análises devem resultar na confecção de um relatório conclusivo sobre a continuidade da análise do processo em questão. Caso o processo não apresente considerações positivas nos três itens acima descritos, deve-se optar por não analisá-lo em maiores detalhes e redirecionar os esforços para outros processos que estejam dentro desse âmbito. Caso as considerações sejam positivas, deve-se apresentar essa análise para as lideranças cabíveis com o parecer da análise. Esse parecer deve ser o ponto de partida para o engajamento necessário na próxima etapa de análise.

3.2. Análise do Processo

A análise do processo é a etapa de levantamento de informações e melhor visualização das vantagens e desvantagens dos processos manual e automático. A Figura 7 mostra o fluxo de análise dessas informações.

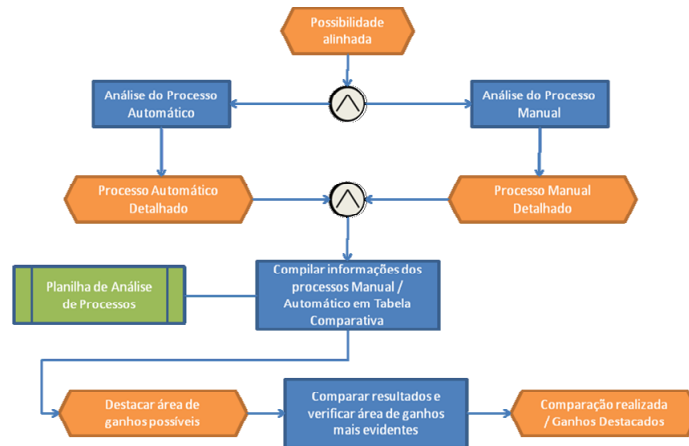


Figura 7. Fluxo de análise dos processos manual e automático.

Sugere-se que informações dos processos manual e automático sejam formatos em um planilha para evidenciar os resultados obtidos e melhorar a visão dos possíveis ganhos levantados anteriormente quando aventou-se a possibilidade de automação do processo. Como resultado dessa comparação, é possível concentrar esforços de melhoria onde existe maior diferença entre as propostas analisadas.

Algumas informações mínimas devem ser obtidas para permitir uma análise completa e imparcial. São elas:

- Investimento na solução: custo inerente a solução escolhida. Por exemplo, a compra de um robô;
- Infraestrutura: custo referente a infraestrutura necessária para abrigar o processo em análise. Por exemplo, construção de um hangar ou ampliação de rede pneumática;
- Mão de obra: número de pessoas ou horas necessárias para operação de cada solução analisada;
- Capacitação: necessidade de treinamento de pessoas para permitir a operação das soluções avaliadas;
- Ferramentas: investimento em ferramentas necessárias. Exemplo: furadeiras, martelos e máquinas de avanço controlado;
- Ferramentais: custo de ferramentais para cada uma das soluções. Exemplo: gabaritos, plataformas e máscaras de furação.

Todas essas informações constituem a base para verificação do desempenho financeiro das propostas em análise. Devem ser obtidos também os ganhos intangíveis para que possam ser utilizados no último passo do método proposto. Ganhos intangíveis como aumento da segurança no trabalho, melhoria da ergonomia ou melhoria do aspecto produtivo da fábrica.

3.3. Análise Financeira

A análise financeira avalia o resultado financeiro das soluções sob análise. A Figura 8 mostra o fluxo dessa análise.

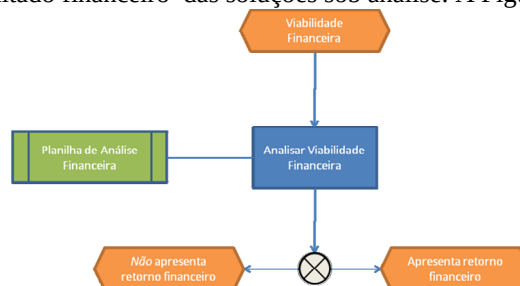


Figura 8. Fluxo de análise financeira.

Nessa etapa devem ser utilizadas as informações obtidas no item anterior para verificar o verdadeiro impacto dos ganhos previstos. Essa análise deve demonstrar o impacto das soluções no longo prazo e verificar se as elas apresentam um Valor Presente Líquido [7] aceitável para o projeto em questão.

O resultado dessa etapa é um posicionamento a respeito de cada uma das propostas analisadas indicando qual das duas apresento o valor presente líquido mais atraente, indicando, financeiramente, qual proposta deve ser executada. Esse posicionamento deve ser utilizado na etapa seguinte para gerar uma decisão a ser seguida.

3.4. Decisão Final

A última etapa do método proposto é a da decisão final. Se objetivo é compilar todas as informações e pareceres anteriores para definir a escolha de uma das versões do processo, manual ou automática. Essa escolha deve balancear o resultado da análise financeira e os levantamentos intangíveis verificados.

Quando um processo se mostrar estrategicamente e financeiramente interessante, a decisão deve ser claramente de se seguir com o processo de automação em questão.

Em alguns circunstâncias, pode ocorrer que um processo é estrategicamente interessante mas não financeiramente. Para esses casos, devem ser considerados também os ganhos intangíveis. Esses devem ser os balisadores para uma decisão final.

Essa decisão final deve ser secundada por uma análise detalhada do processo escolhido.

4. RESULTADOS

4.1 Estudo de Caso

Para demonstrar os ganhos que podem ser obtidos desse processo será feito um estudo de caso para a decisão a respeito de um processo de furação automática de material composto. Os materiais compostos têm se tornado cada vez mais importantes no mercado aeronáutico [8]. Portanto, uma análise detalhada desse processo é muito importante e deve ser realizada de forma imparcial e sistemática para evitar mal julgamentos.

Para possibilitar tal análise serão detalhados os passos tomadas no processo de análise realizado e comparados com a abordagem proposta.

4.1.1 Processo Convencional

Numa análise convencional a possibilidade de automação desse processo irá disparar a necessidade de estudo. Esse estudo estará embasado pelas diretrizes da empresa em aumentar o nível tecnológico de manufatura e isso será o suficiente para prosseguimento do estudo.

O responsável pelo projeto inicia o processo de análise do processo em questão. Essa análise será realizada por demanda de acordo com a experiência do mesmo. Dessa forma as diversas áreas (infraestrutura, manutenção, ferramentaria e outras) serão envolvidas de acordo a experiência em gerenciar esse tipo de projetos.

O envolvimento em momentos diferentes das várias áreas leva a vários retrabalhos e alinhamentos contínuos devido a interferência de novas análises em levantamentos já realizados. Um exemplo simples é a um levantamento de infraestrutura sem um correto estudo do ferramental a ser utilizado leva a se reanalisar o custo de infraestrutura para o ferramental adequado.

Normalmente, os levantamentos são feitos sem o envolvimento do setor financeiro. Isso faz com que os levantamentos feitos não atendam a demanda financeira para análise de viabilidade e novos levantamento sejam realizados com o intuito de adequar a forma do trabalho que essa análise demanda.

Finalmente, esses levantamentos e análises realizados apresentam resistência por parte das lideranças já que não apresentam uma sequência lógica de desenvolvimento e uma prévia apresentação tenha sido realizada. Um maior detalhamento pode ser exigido antes de prosseguir com o projeto, retornando a análise a uma etapa inicial e gerando retrabalhos grandes.

Para o caso da furação automática de material composto, todo o processo citado pode levar cerca de 5 meses e em caso de sucessivas desaprovações pelas lideranças pode chegar a mais de uma ano de análise e assim atrasar a fase de detalhamento da solução, prejudicando a maturidade da mesma.

4.1.2 Processo Proposto

Com a abordagem proposta a possibilidade de automação desse processo dispara a análise de decisão e os passos citados anteriormente devem ser seguidos.

Primeiramente, deve-se analisar o alinhamento com a estratégia da empresa. O domínio tecnológico que pode ser adquirido com essa solução se mostra interessante para a empresa assim como a estratégia de desenvolvimento da manufatura quanto a materiais compostos, cada dia mais presentes nas aeronaves [8]. Portanto, a primeira etapa apresentaria um parecer positivo e deveria ser passado as lideranças. Essa etapa garante o conhecimento da análise em questão e será o impulsionador para o início do detalhamento e envolvimento das áreas interessadas. Essa etapa pode ser facilmente realizada em 1 semana.

A segunda etapa corresponde ao levantamento das informações do processo automático e manual. Esse levantamento envolverá os diversos grupos pertinentes. Com isso, o levantamento será feito em paralelo e as interferências serão verificadas e sanadas com maior facilidade. Esse levantamento representa a maior carga de trabalho, e levará em torno de 5 semanas para ser realizado adequadamente.

A próxima etapa será emitir o parecer financeiro. A análise que gera esse parecer não demanda muito esforço já que as informações levantadas já se apresentam no padrão necessário e somente as simulações coerentes com o estudo deverão ser realizadas. Essa etapa é facilmente finalizada em 1 semana.

Finalmente, todas as informações apresentadas e compiladas é possível apresentar o conjunto de informações a liderança e indicar a posição do grupo quanto ao prosseguimento ou não com o projeto. A decisão final deve sempre balancear o resultado financeiro e técnico contra necessidade dentro da estratégia industrial, com a consideração também dos ganhos tangíveis. Esse processo levará cerca de 1 semana para compilar as informações em uma apresentação.

4.2 Resultados Obtidos

Para o estudo de caso apresentado, é possível verificar um ganho mínimo de 4 semanas de estudos. E quando considerados os retrabalhos, esse ganho pode chegar a 20 semanas.

Da análise das informações pode-se citar os principais resultados que devem ser obtidos ao se seguir esse fluxo como:

- Comprometimento das pessoas envolvidas com seus papéis e responsabilidades definidos;
- Redução de retrabalhos ocasionados pelo não envolvimento qualquer área no processo, já que todos devem ser envolvidos para o levantamento de informações dos processos;
- Posicionamento claro da empresa ao final da análise quanto a qual ação deve ser tomada;
- Análise não apenas financeira, mas sim técnica-financeira;
- Facilidade de manutenção de histórico dos levantamentos realizados;
- Redução do ciclo de decisão.

Todos esses resultados apresentam, a partir da definição de um fluxo, um grande ganho no estudo de processos automáticos.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um método que conduz a análise sistemática e imparcial dos processos que podem ser automatizados de uma empresa. Essa abordagem mostrou que de uma forma sistemática de trabalho pode promover de diversos. No estudo de caso foi possível mostrar que uma redução de ciclo muito grande pode ser observada quando simples ações são executadas.

O método apresentado é bem simples e possui certa componente de senso comum, parecendo que sempre é seguida de forma não formal. Essa não formalidade leva a retrabalhos, esperas e falta de comprometimento num processo de definição importantíssimo para a empresa.

Portanto, um método como esse é essencial para permitir uma auxiliando no envolvimento das pessoas no momento correto e evitando a dependência exclusiva da experiência de pessoas, mas dependendo apenas do desempenho das possíveis soluções.

Com isso, o esforço não será dado para a defesa de uma automação, mas sim pelo detalhamento do projeto do mesmo, visto que este representará, com a consciência dos interessados, um ganho importante para a empresa.

6. REFERÊNCIAS

- [1]. Dorf, R. C., & Kusiak, A. (1994). *Handbook of Design, Manufacturing and Automation*. Iowa: Wiley-Interscience
- [2]. Ponticel, P. (2008). Robot Reliance. *Manufacturing Feature*, 20-23
- [3]. AIT website, *Flex Track Drilling Machine*, fevereiro de 2009, <http://www.aint.com/news-flextrack-aero-mfg-design.html>
- [4]. Boeing Frontiers, Volume 04, Technology pollination, 2006. http://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2005/december/ts_sf10.html
- [5]. KUKA website, *It is all a question of reliability*. (s.d.). http://www.kuka.com/en/solutions/solutions_search/L_080519_Stork_Fokker.htm
- [6]. Goldratt, E. (1984). *A Meta: Um Processo de Melhoria Contínua*. São Paulo: Nobel.
- [7]. VPS Consultores, *Parâmetros de avaliação de projetos*, <http://www.vps.com.br/PDF/vpl.pdf>.
- [8]. Baker, A. A., *Composite for Aircraft Structures*, 2004, American Institute of Aeronautics and Astronautics.

7. NOTA DE RESPONSABILIDADE

O autor é responsável por qualquer informação inclusa nesse artigo.