

INDICADORES DE DESEMPENHO EM SISTEMAS PRODUTIVOS SUSTENTÁVEIS - ABORDAGEM COM A FERRAMENTA PFS



Edson Hiroshi Watanabe (USP)

edsonh.watanabe@usp.br

Paulo Eigi Miyagi (USP)

pemiyagi@usp.br

Fabício Junqueira (USP)

fabri@usp.br

Diolino José dos Santos Filho (USP)

diolinos@usp.br

Nos dias de hoje a sustentabilidade é questionada em todas as áreas das atividades humanas. É um tema que envolve toda a sociedade de maneira geral graças a algumas iniciativas de pessoas que perceberam a perda da qualidade de vida ocorrida ao longo dos anos, devido ao uso dos recursos naturais sem o cuidado da reposição e a preocupação do futuro das gerações vindouras, e as manifestações de organizações mundiais ligadas ao estudo do meio ambiente. Comissões de trabalho de âmbito mundial têm-se formado para levantar informações do nosso ecossistema e assim avaliar o nível de sustentabilidade dos principais “pilares” do desenvolvimento humano que são: social, econômico e o meio ambiente. Este trabalho tem por objetivo coletar e analisar o que tem sido escrito sobre sustentabilidade, desenvolvimento sustentável, indicadores de sustentabilidade na área produtiva sustentáveis,

visando a avaliação de desempenho dos sistemas produtivos. A metodologia utilizada procura inicialmente identificar os documentos depositados em vários órgãos de fomento à pesquisa e trabalhos publicados em periódicos e eventos científicos. Com base neste estudo e da natureza dos sistemas produtivos que podem ser vistos como sistemas a eventos discretos o objetivo é adotar técnicas derivadas de rede de Petri que ser adotadas para sistematizar o levantamento de dados e a avaliação de indicadores de desempenho e de sustentabilidade de um sistema produtivo. Neste texto a discussão está centrada no levantamento dos conceitos relacionados com sustentabilidade e a descrição conceitual do sistema produtivo baseado na técnica PFS (production flow schema) que é uma interpretação da rede de Petri que pode ser explorada para o projeto e análise de sistemas produtivos sustentáveis.

Palavras-chaves: Sustentabilidade, Sistema produtivo sustentável, Metodologia de análise, Desempenho da sustentabilidade

1. Introdução

Sustentabilidade é entendida como a capacidade de se manter vivo e por isso, pode ser usado para indicar sobrevivência. O'Brien (1999) declara que uma visão holística para dimensionar a sustentabilidade pode ser adotada por meio de valores que representam uma quantificação das áreas em avaliação e estes podem ser chamados de indicadores. Amrina *et al.* (2011) declara que a medida da sustentabilidade envolve mais de um grupo de indicadores, pois existem vários fatores envolvidos como o ambiental, econômico e social, e cada um é representado por um grupo de indicadores. Conforme Joung (2013), o resultado desta medição ajuda a empresa a focalizar áreas específicas para aplicar melhorias referentes à sustentabilidade em suas atividades. A OECD (2001) afirma que a análise dos dados obtidos e a sua interpretação é um ponto fundamental, pois a dificuldade relacionada com a complexidade do inter-relacionamento entre os vários indicadores pode levar a conclusões erradas sobre o nível de sustentabilidade e a tomada de decisões para sua melhoria. Este trabalho inicialmente estuda os indicadores de sustentabilidade com base em trabalhos já publicados sobre este assunto, identificando o estado da arte desta problemática e introduz técnicas e abordagens baseadas na natureza de sistemas produtivos que podem ser vistos como sistemas a eventos discretos (Miyagi 1996) onde técnicas derivadas da rede de Petri (Silva, 2013) podem ser devidamente aplicadas. A proposta é confirmar como a técnica do PFS (*production flow schema*) que é uma interpretação da rede de Petri para sistemas produtivos (Miyagi, 1996) pode ser explorada para o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação dos indicadores de desenvolvimento de sistemas produtivos sustentáveis (Lira, 2008), (Melo, 2010).

O texto está estruturado nos seguintes tópicos: 2) conceitos de sustentabilidade, 3) indicadores de desempenho, 4) avaliação de desempenho de sistemas produtivos sustentáveis, 5) conclusões e trabalhos futuros.

2. Conceitos de sustentabilidade

Existem muitas discussões em torno da definição de sustentabilidade. Costanza *et al.* (1995) comenta que a idéia básica de sustentabilidade pode ser relativamente simples, isto é, um

sistema sustentável é aquele que sobrevive ou persiste. Continua Costanza *et al.* (1995) que existem três questões cujas respostas não são triviais: (1) Qual sistema ou subsistema ou característica dos sistemas devem persistir? (2) Por quanto tempo? (3) Quando se deve avaliar se o sistema ou subsistema ou característica dos sistemas persistiram? Assim muitas outras definições se fazem necessárias para se compreender melhor este tema.

2.1. Sustentabilidade

A sustentabilidade é um conceito que envolve e/ou está diretamente relacionado com outros conceitos e ou idéias, é um termo sistêmico e como tal não existe apenas um agente responsável pela sua manutenção ou realização, mas sim todos os agentes participantes de uma sociedade ou de um grupo têm a sua parte a contribuir para o sucesso do propósito ou de uma atividade ser sustentável (OECD, 2011). Deriva-se assim uma visão de “ação e causa”, isto é, um tipo de evolução de modo que o WCED (1987) define o termo “desenvolvimento sustentável” como um processo que satisfaz as necessidades presentes, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades”. O desenvolvimento sustentável busca assim aperfeiçoar a eficiência de qualquer ação com a minimização de impacto ambiental mantendo a igualdade social (WCED, 1987).

2.2. Indicadores de sustentabilidade

O'Brien (1999), em uma visão holística para dimensionar a sustentabilidade, ditam que isso pode ser efetuado por meio de valores que representam uma quantificação de itens em avaliação, chamados de indicadores. Amrina *et al.* (2011) avalia que a medida da sustentabilidade envolve mais de um grupo de indicadores, pois existem vários fatores envolvidos como o ambiental, econômico e social, e cada um é representado por um grupo de indicadores. Conforme Joung (2013), o resultado desta medição deve ser o suporte para o sistema produtivo identificar áreas específicas para aplicar melhorias referentes à sustentabilidade em suas atividades. A OECD (2001) afirma que a análise dos dados obtidos e a sua interpretação são fundamentais, pois a dificuldade provinda da complexidade do inter-relacionamento dos vários indicadores pode levar a conclusões erradas sobre o nível de sustentabilidade e a tomada de decisões para a melhoria. A Tabela 1 apresenta um exemplo

destes indicadores.

Tabela 1 - Conjunto de indicadores de desenvolvimento sustentável

Tema	Indicadores
Indicadores de recursos: Manutenção dos bens básicos	
Recursos Ambientais	
Qualidade do Ar	Índice de emissão de gases relacionados com efeito estufa com a emissão de CO ₂ e NO _x
Água	Intensidade do uso da água
Energia	Consumo de recursos energéticos
Biodiversidade	Tamanho da área protegida
Recursos Econômicos	
Produção	Volume de estoque de capital
Pesquisa e Desenvolvimento	Taxa de crescimento da produtividade
Finanças	Balanço das contas correntes
Capital Humano	
Reserva	Proporção da população com qualificação educacional
Investimento	Gastos com educação
Depreciação	Taxa e nível de desemprego
Indicadores de resultado: atendimento às necessidades correntes	
Consumo	Gastos domésticos
	Intensidade de geração de desperdício
Distribuição da entrada	Uso de padrão de medida estatística da desigualdade social
Saúde	Expectativa de vida no nascimento
	Qualidade do ar
Emprego	Relação de emprego/população
Educação	Taxa de ingressos escolar

Fonte: Adaptado de OECD (2001)

De acordo com OECD (2001), o nível de sustentabilidade pode ser usado como uma métrica para avaliação de desempenho de sistemas de modo que os índices a serem considerados devem ser baseados nos princípios da sustentabilidade.

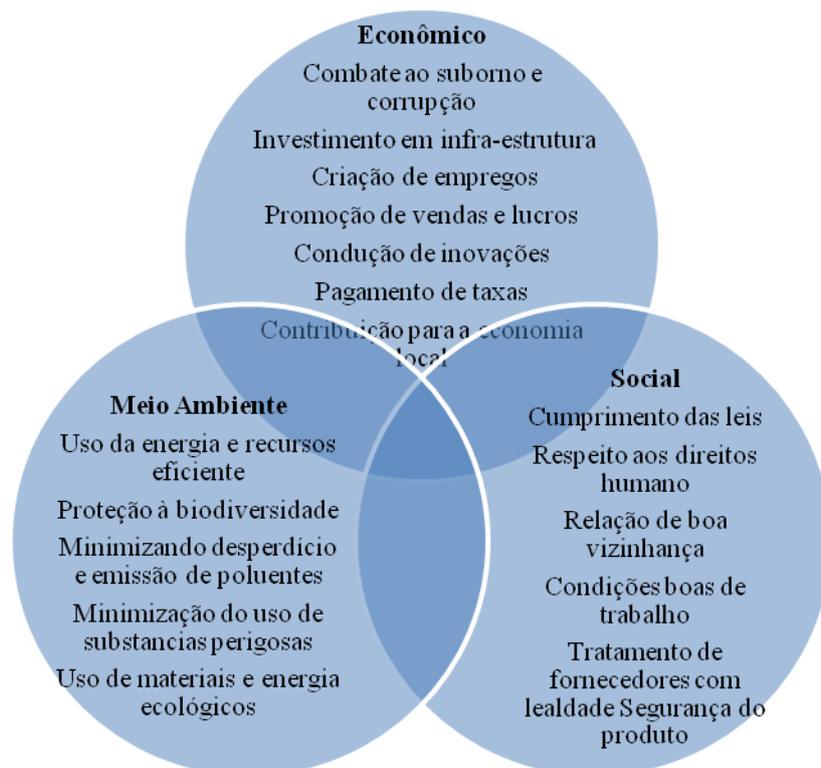
2.3. Produção sustentável

Considerando agora a sustentabilidade em sistemas produtivos, de acordo com o

Departamento da Iniciativa de Produção Sustentável de Comércio dos Estados Unidos (US, 2009), deve-se considerar “a criação de produtos fabricados que usam processos que minimizam impactos ambientais negativos, conservando energia e recursos naturais, sejam seguros para os empregados, comunidades e consumidores e que sejam evidentemente favoráveis à empresa do ponto de vista econômico” (OECD, 2011).

Segundo a OECD (2011) a produção sustentável pode ser entendida como todo tipo de atividade produtiva que minimiza os riscos diversos dos negócios inerentes em qualquer operação de fabricação enquanto maximiza as novas oportunidades que aumentam os resultados de seus processos e produtos. Os aspectos econômico, ambiental e social inclusos neste conceito são ilustrados na Figura 1.

Figura 1 - As três dimensões dos aspectos de sistema produtivo sustentável



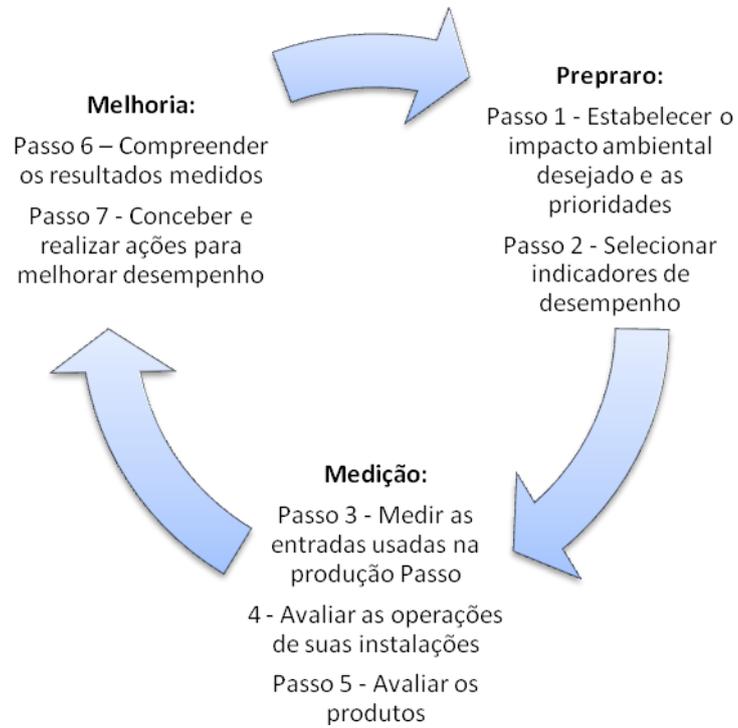
Fonte: Adaptado de OECD (2011)

Dado um sistema produtivo a OECD (2011) sugere sete passos para implementar o

desenvolvimento sustentável (Fig. 2):

- Preparo
 1. Estabelecer o impacto ambiental desejado e as prioridades: atuar junto com uma equipe interna para estabelecer objetivos, rever os impactos ambientais e decidir prioridades.
 2. Selecionar indicadores de desempenho: identificar indicadores que são importantes para o negócio e quais dados serão coletados para ajudar a conduzir as melhorias contínuas.
- Medição
 3. Medir as “entradas” usadas na produção: identificar como os materiais e componentes usados dentro do processo produtivo influenciam no desempenho ambiental.
 4. Avaliar as operações de suas instalações: levantar dados sobre o impacto e eficiência das operações na sua instalação (por ex.: nível de consumo de energia, geração de elementos que contribuem para o efeito estufa, emissão de poluentes para o ar e a água).
 5. Avaliar os produtos: identificar fatores tais como: consumo de energia, reciclabilidade e uso de substâncias perigosas que determinam quão sustentável é o produto final.
- Melhoria
 6. Compreender os resultados medidos: interpretar os indicadores e analisar as tendências em seu desempenho.
 7. Conceber e realizar ações para melhorar o desempenho: identificar oportunidades para melhorar o desempenho, criar planos de ações para implementá-los e efetivamente aplicar estes planos de ação.

Figura 2 - Os sete passos para utilizar os indicadores do sistema produtivo sustentável



Fonte: Adaptado de OECD (2011)

3. Indicadores de desempenho

3.1. Seleção e classificação dos trabalhos

Existem inúmeros repositórios de artigos científicos com acesso via internet, mas, neste caso considerou-se suficiente as bases de dados do Scopus, ScienceDirect e IEEE Xplore, as quais são bem conceituadas no meio acadêmico. As principais palavras chaves compostas para busca foram: (“sustainable manufacturing” AND “performance metrics”), e (“sustainable manufacturing” AND “performance indicators”). Para o presente texto a última data de pesquisa foi à primeira semana de maio de 2014.

Utilizou-se um critério, adaptado de Jaberidoost *et al.* (2013), de seleção dos artigos encontrados como se segue: 1) todos os títulos dos artigos foram lidos e avaliados com base no interesse e escopo delimitado pelo tema da pesquisa; 2) como foram acessados vários bancos de dados, quando se identificou casos de artigos duplicados, descartou-se um deles; 3) os artigos fora do enfoque estabelecido foram descartados; 4) todos os artigos que passaram pelas etapas anteriores, foram estudados por completo e se algum não estava no escopo desejado do trabalho este foi descartado. Esta metodologia foi utilizada como uma maneira de filtrar e desconsiderar trabalhos marginais em relação ao tema da pesquisa.

Nas bases de dados citadas anteriormente, inicialmente foram identificados 148 artigos referentes ao assunto de pesquisa que trata sobre maneiras de se avaliar o desempenho de sistemas produtivos sustentáveis. Estes artigos foram classificados da seguinte maneira: a) 45 artigos focados em métricas de desempenho e b) 103 artigos em indicadores de desempenho. Aplicando-se assim o método de seleção descrito na seção anterior, seis artigos foram selecionados. Estes artigos foram estudados em detalhes e os resultados são descritos a seguir.

3.2. Síntese dos trabalhos recentes

Chen *et al.* (2014) detectam a falta de ferramentas de fácil uso para monitoração e avaliação do estado de sustentabilidade baseado em indicadores de desempenho e para o estabelecimento das prioridades para melhorias sistemáticas. Assim o trabalho propõe desenvolver uma ferramenta baseada em informações de sustentabilidade, avaliar a empresa e

com um olhar holístico ajudá-la a tomar decisões necessárias para melhorias ambientais. Devido à complexidade de em sistema produtivo sustentável, Chen *et al.* (2014) ainda conclui que não existe apenas um único critério de sustentabilidade.

Joung *et al.* (2012) relatam que devido às pressões por vezes da sociedade e também pelos grupos de ambientalistas em todo mundo, muitas empresas fabricantes de produtos têm considerado a introdução em seus processos algum tipo de mudança em prol da sustentabilidade. Esta situação, continuam os autores, tem desafiado empresas a desenvolverem e implementarem técnicas e ferramentas de avaliações de sistemas produtivos sustentáveis. Assim para poder medir o nível de sustentabilidade são criadas métricas e indicadores para monitoração, avaliação e tomada de decisões. Porém, os autores acrescentam que isso tem gerado confusões entre as empresas para se definir qual conjunto de indicadores a serem utilizados e como interpretar os resultados. Os autores revisam um conjunto de indicadores disponíveis publicamente e fornecem uma categorização destes indicadores as quais são quantificáveis e claramente relacionados com o tipo de atividade produtiva, o seu uso e, também como funcionaria um repositório de indicadores de sustentabilidade com mais de 200 dados para facilitar as empresas, acadêmicos a buscarem essas informações. A categorização está baseada na similaridade de índices com uma das cinco dimensões de sustentabilidade: gestão ambiental, crescimento econômico, bem estar social, avanço tecnológico e gerenciamento de desempenho.

Verrier *et al.* (2013) analisam literaturas e práticas de vinte e uma indústrias asiáticas para avaliar como funcionam as ações enxutas e ecológicas e como estas podem ser melhoradas quando usadas juntas. Os autores reforçam que o sistema produtivo enxuto é a prática que auxilia as empresas a identificarem e eliminarem desperdícios por meio de implementações de melhorias. Esta prática identifica basicamente sete tipos de desperdícios: superprodução, paradas, transporte, defeitos, processos inapropriados, estoque desnecessário e movimentações desnecessárias. Esta abordagem ajuda a aumentar a eficiência, diminuir custos, melhorar o tempo de atendimento ao cliente e contribui para melhorar a qualidade, assegurar maior lucratividade e uma melhor imagem pública. A abordagem ecológica ajuda a reduzir os desperdícios em: uso da energia, consumo de matérias primas, uso de materiais perigosos e eleva a imagem da empresa como de socialmente responsável. O conjunto das

ações enxutas e ecológicas podem evitar: uso excessivo de água, uso excessivo de energia elétrica, uso excessivo de recursos, poluição, refugo, efeito estufa e eutroficação (processo de envelhecimento dos lagos pelo excesso de nutrientes). Neste trabalho foi proposta a criação de um repositório para associar as maturidades das duas ações entre as empresas e também foram criados um questionário quantitativo e outro qualitativo de indicadores para documentar o real consumo e impacto ambiental das empresas participantes do estudo. Segundo os autores, o maior desafio é convencer o maior número de empresas a investirem nestas ações e mostrar que as empresas têm retornos seguros do investimento realizado.

Kondoh *et al.* (2008) afirmam que para se chegar a uma sociedade sustentável é importante reduzir o impacto ambiental dos processos produtivos, porém para os engenheiros de produção melhorar a qualidade produtiva tem sido o principal objetivo. Os autores sugerem que antes da conscientização do desenvolvimento sustentável é necessário rever o conceito de qualidade produtiva. A eco-eficiência é um índice útil para avaliar aspectos econômicos e ambientais simultaneamente mas, os autores argumentam, que a eco-eficiência não pode avaliar cada componente de um produto ou cada seguimento de um processo produtivo. A solução se encontra em um novo indicador de eficiência chamado “indicador de desempenho total” (TPI - Total Performance Indicator). O TPI é descrito como uma poderosa ferramenta para determinar estratégias de projeto para produtos ecológicos. No cálculo deste índice são considerados: o tempo de uso do produto, o custo e o impacto ambiental em todo o ciclo de vida do produto. Para avaliar um processo produtivo usa-se a mesma idéia aplicada ao produto.

Cannata *et al.* (2010) argumentam que o consumo de energia é um dos principais fatores que impactam os pilares do desenvolvimento humano: econômico, ambiental e social. O autores confirmam que em pesquisas recentes a produção responde pela maior parcela de consumo de energia de um sistema produtivo. Para reagir a esta situação e ir em direção a sistema produtivo eficiente energeticamente, relatam que, diversas ações devem ser realizadas. Entretanto observam que, o planejamento da produção atual e as políticas de controle que são usados para otimizar os processos produtivos não levam em consideração a eficiência energética. Neste artigo, os autores investigam assim os indicadores de desempenho da

eficiência energética e também o planejamento da produção para um caso prático.

Amrina *et al.* (2011) consideram que a indústria automobilística é uma das mais importantes e estratégica do setor produtivo e, devido à grande movimentação de matérias primas e recursos naturais é geradora de um grande impacto ambiental. Portanto, é de suma importância a avaliação de desempenho sustentável em suas linhas produtivas e em seus processos. Os autores propõem definir um conjunto inicial de “indicadores de desempenho chave” (KPIs – Key Performance Indicators) para avaliar a produção sustentável apropriado para a indústria automotiva. Este conjunto consiste de três fatores divididos em nove dimensões e um total de quarenta e uma sub-dimensões. O levantamento foi dirigido para confirmar a adaptabilidade dos indicadores com as práticas da indústria. Os KPIs foram derivados de uma integração de indicadores de desempenho de produção e indicadores de produção sustentável. Os autores adotaram as três dimensões da sustentabilidade: econômico, ambiental e social e quatro indicadores de fabricação: qualidade, custo, distribuição e flexibilidade, os quais foram incorporados nos KPIs como dimensão econômica.

4. Avaliação de desempenho em sistema produtivo sustentável

A análise do estado-da-arte sobre indicadores de desempenho em sistemas produtivos sustentáveis baseado no levantamento sintetizado na seção anterior, identifica os seguintes pontos:

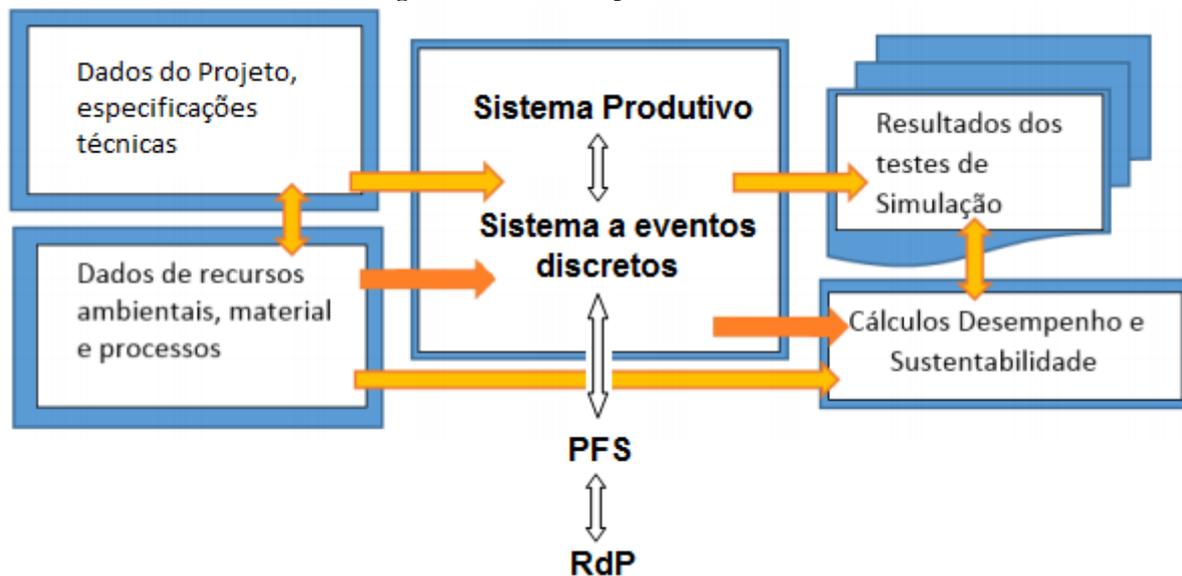
- 1) Não existem ferramentas de fácil uso para monitoração e avaliação do estado de sustentabilidade baseado em indicadores de desempenho e/ou para estabelecimento das prioridades para melhorias;
- 2) Não existe apenas um único critério de abordagem da sustentabilidade, há uma necessidade de uma maior sistematização;
- 3) Cada empresa cria suas métricas e indicadores para monitoração, avaliação e tomada de decisões e isto cria confusões entre as empresas para se definir qual conjunto de indicadores devem ser utilizados e como interpretar os resultados;
- 4) Ainda é necessário convencer um maior número de empresas a investirem em ações sustentáveis e mostrar o retorno seguro do investimento realizado;

- 5) O índice de eco-eficiência não é suficiente para avaliar cada componente de um produto ou cada seguimento de um processo produtivo, isto é, o TPI apresenta resultados melhores mas o seu cálculo deve ser melhor sistematizado;
- 6) O processo de avaliação é ainda relativamente complexo, em relação à definição dos indicadores, assim alguma solução mais prática é necessária;
- 7) Identifica-se a necessidade de uma abordagem que leve a sistematização dos procedimentos para levantamento dos índices de sustentabilidade e para avaliação do desempenho de sistemas sustentáveis.

Os sistemas produtivos em geral, com tarefas bem estabelecidas, podem ser representados como sistemas a eventos discretos (Miyagi, 1996). Baseado nessas características de controle de sistemas a eventos discretos e nas implicações sobre os requisitos para o modelo do sistema de controle de sistemas produtivos, foi desenvolvido PFS. O PSF foi proposta para a sistematização do procedimento de modelagem, análise e especificação do controle de sistemas produtivos. Entretanto, nos trabalhos anteriores o foco está na análise e especificação funcional das atividades produtivas relacionadas diretamente com a produtividade, versatilidade e qualidade. A introdução do conceito de sustentabilidade não altera a natureza dos sistemas produtivos, mas sua consideração já na fase de concepção de um sistema não é trivial. Apresenta-se assim na figura 3 um possível framework para a avaliação de desempenho de sistemas produtivos sustentáveis. Nesta figura mostra-se um fluxo simplificado de informações para análise, os dados do projeto compostos por especificações de funcionamento de máquinas e dos tipos de tecnologias envolvidas nos processos que são avaliados com os indicadores de desempenho padrões de sustentabilidade. Os dados dos recursos ambientais, materiais e processos são informações do ambiente e são definidos previamente para análise do sistema. O sistema produtivo é descrito conceitualmente em PFS e detalhado isto é, convertido posteriormente para modelos em rede de Petri (RdP). O PFS é usado para sistematizar a identificação das principais atividades e funcionalidades do sistema em diferentes níveis de abstração para explicitar a correlação entre todas as variáveis a serem consideradas nos cálculos dos indicadores de sustentabilidade. Assim os modelos em RdP derivados do PFS podem ser analisados inclusive por meio de definição de cenários e

simulação para avaliação quantitativa de diferentes situação.

Figura 3 – Fluxo Simplificado de Análise

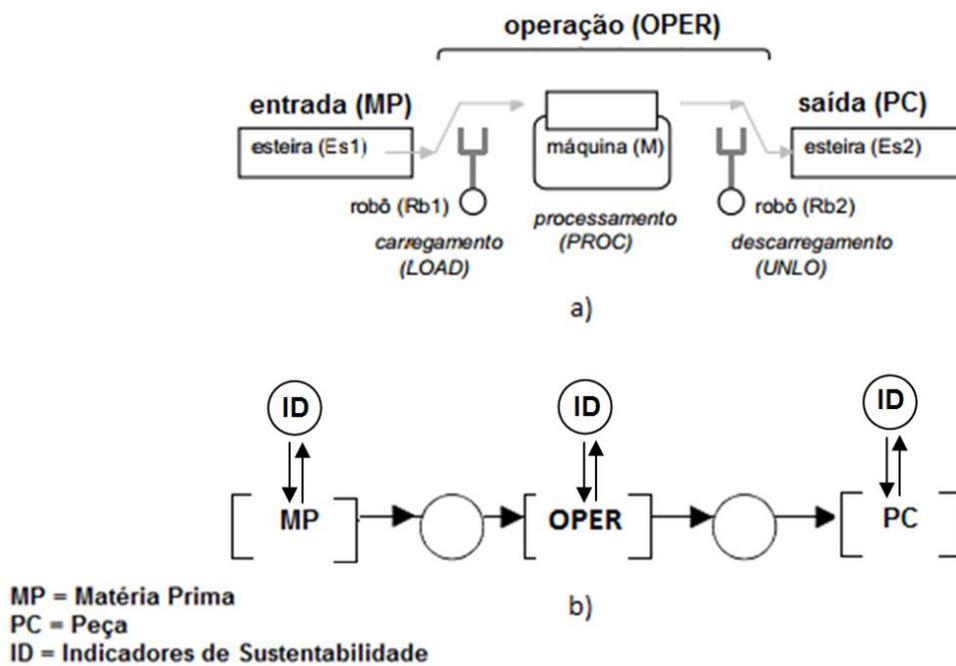


Fonte: Adaptado de Heilala *et al.* (2008)

Conforme Miyagi (1996), de modo geral, a aplicação racional e sistemática do PFS para modelagem e controle de sistemas produtivos consiste nas seguintes etapas: (1) identificação das principais atividades de transformação de itens (materiais e/ou informações); (2) detalhamento dos fluxos de itens entre as atividades; (3) detalhamento das atividades, identificando as sub-atividades; (4) introdução dos elementos de controle de recursos e (5) detalhamento dos sinais trocados entre o sistema de controle e a planta.

A Figura 4a é um exemplo de um sistema produtivo real.

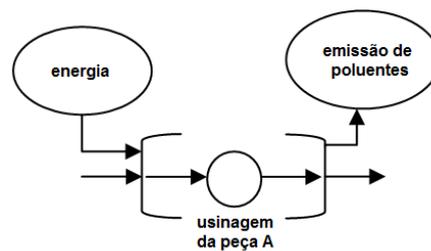
Figura 4 - a) Sistema produtivo; b) Modelo em PFS



Fonte: Adaptado de Miyagi (1996)

A Figura 4b é o modelo em PFS do sistema produtivo onde as informações dos indicadores de sustentabilidade são inseridas em todas as atividades da produção. Assim quando os modelos em RdP são derivados do PFS as variáveis relacionadas com os indicadores de desempenho serão explicitamente descritas conforme exemplo ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Exemplo de modelo em RdP de uma atividade do sistema produtivo



Fonte: Adaptado de Miyagi (1996)

5. Conclusão e trabalhos futuros

Do estudo que foi realizado, tem-se alguns destaques:

- o estudo dos indicadores é algo relativamente recente, faltam critérios de avaliação;
- a ausência de uma sistemática leva cada empresa a criar os seus métodos de avaliação o que dificulta qualquer avaliação que envolve outras empresas;
- ainda não existe uma metodologia de avaliação;
- os pontos anteriores, desmotivam empresas a investirem na produção sustentável,

Este trabalho introduz assim uma mudança de visão, passando de uma abordagem puramente empírica e de caso a caso para uma abordagem sistêmica. O uso do PFS assegura melhorias e facilidades na criação modelos de estrutura de um sistema e de suas funcionalidades e permite a definição de uma metodologia conforme ilustrado no exemplo da Figura 4. Pelos artigos que foram pesquisados além das citadas como referência bibliográfica deste trabalho considera-se que junto com o PFS as redes de Petri permitem o estabelecimento de um procedimento sistêmico do processo de avaliação de sistemas produtivos sustentáveis. O trabalho deve evoluir para detalhar o framework apresentado na Figura 3, associando para cada bloco as funcionalidades associadas e as ferramentas disponíveis. Estudos de casos também serão desenvolvidos para levantar procedimento para facilitar a modelagem com PSF de sistemas produtivos sustentáveis, e a conversão dos elementos PFS em modelo em rede de Petri. A motivação aqui está no estudo das propriedades, estruturas e comportamentos da rede de Petri que podem ser associados a índice de sustentabilidade e desempenho de sistemas produtivos sustentáveis.

6. Referências Bibliográficas

- AMRINA, E.; YUSOF, S. M. Key performance indicators for sustainable manufacturing evaluation in automotive companies. IEEE International Conference on Industrial Engine, 2011
- CANNATA, A.; TAISCH, M. Introducing energy performances in production management Towards energy efficient manufacturing. IFIP Advances in Information and Communication, 2010
- CHEN, Danfang; THIEDE, Sebastian; SCHUDELEIT, Timo; HERRMANN, Christoph. A holistic and rapid sustainability assessment tool for manufacturing SMEs. CIRP Annals - Manufacturing Technology, 2014

- COSTANZA, Robert; PATTEN, C. Bernard. Defining and predicting sustainability. *Ecological Economics*, V. 15, 1995, P. 193-196
- HEILALA, Juhani; VATANEN, Saija; TONTERI, Hannele; MONTONEN, Jari; LIND, Salla; JOHANSSON, Björn; STAHLRE, Johan. Simulation-based sustainable manufacturing system design. *Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference* S. J. Mason, R. R. Hill, L. Mönch, O. Rose, T. Jefferson, J. W. Fowler eds.
- JABERIDOOST, Mona; NIKFAR, Shekoufeh; ABDOLLAHIAS, Akbar; DINARVAND, Rassoul. Pharmaceutical supply chain risks: a systematic review. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2013
- JOUNG, Che B.; CARRELL, John; SARKAR, Prabir; FENG, Shaw C. Categorization of indicators for sustainable manufacturing. *Ecological Indicators*, 2013
- KONDOH, S.; MISHIMA, N.; HOTTA, Y.; WATARI, K.; KURITA, T; MASUI, K. Evaluation and re-design method of manufacturing processes. *Proceedings DESIGN 2008, the 10th International Design Conference*, 2008
- LIRA, D. N.; GARCIA, J. I.; JUNQUEIRA, F.; MIYAGI, P. E. Fault detection in flexible assembly systems using Petri net. *IEEE Latin America Transactions*, Vol. 6, No. 7, December 2008
- MEKID, S.; PRUSCHEK, P.; HERNANDEZ, J. Beyond intelligent manufacturing: A new generation of flexible intelligent NC machines. *Mechanism and Machine Theory*, Volume 44, Issue 2, February 2009, P. 466-476
- MIYAGI, P. E. *Controle Programável - Fundamentos do Controle de Sistemas a Eventos Discretos*. Editora Edgard Blücher, São Paulo, Brasil, 1996
- MELO, J. I. G.; JUNQUEIRA, F.; MIYAGI, P. E. Towards Modular and Coordinated Manufacturing Systems Oriented to Services. *Dyna*, year 77, Nro. 163, pp. 201-210. Medellin, September, 2010
- O'BRIEN, Christopher. Sustainable production - a new paradigm for a new millennium. *International Journal of Production Economics*, 1999
- OECD. *Sustainable Development: Critical Issues*. OECD Publishing, 2001
- OECD Sustainable manufacturing toolkit - Seven steps to environmental excellence, START-UP GUIDE. OECD Publishing, 2011
- SILVA, M. "Half a century after Carl Adam Petri's PhD thesis: A perspective on the field". *Annual Reviews in Control*, vol. 37, No.2, p. 191-219, 2013
- US Department of Commerce, "Sustainable manufacturing initiative", in *Proceedings of the 2nd Annual Sustainable Manufacturing Summit 2009*, Chicago, USA.
- VERRIER, Brunilde; ROSE, Bertrand; CAILLAUD, Emmanuel; REMITA, Hakim. Combining organizational performance with sustainable development issues the Lean and Green project benchmarking repository. *Journal of Clear Production*, 2013
- WCED - World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*. Oxford and New York: Oxford University Press, 1987.