

## **JOGO DO BARCO: UMA VERSÃO INOVADORA INCLUINDO MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR**

**Fernanda Ticianelli Paccola** – fernandatpaccola@gmail.com  
Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo  
Estrada do campinho, s/n  
12.602-810 – Lorena - SP

**Rodolfo Ongaro Bianchi** – rodolfo\_bianchi@hotmail.com  
Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo  
Estrada do campinho, s/n  
12.602-810 – Lorena – SP

**Caroline Gonçalves Lanza dos Santos**– carolainelanza@gmail.com  
Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo  
Estrada do campinho, s/n  
12.602-810 – Lorena – SP

**Marco Antonio Carvalho Pereira** – marcopereira@usp.br  
Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo  
Estrada do campinho, s/n  
12.602-810 – Lorena – SP

**Resumo:** *Os jogos de simulação estão sendo cada vez mais utilizados nas universidades, por possuírem um caráter dinâmico e interativo e por possibilitarem um aprendizado prático, onde vários assuntos diferentes podem ser trabalhados ao mesmo tempo. Com o intuito de contribuir para o ensino de conceitos de Engenharia e Gestão da Produção nas universidades, este trabalho apresenta uma versão inovadora do Jogo do Barco. Nesta versão, há a simulação de três cenários diferentes: 1) Sistema de Produção em Massa; 2) Sistema de Produção Enxuto e 3) Cenário livre, onde os alunos decidem as regras do sistema de produção. Em cada um destes cenários devem ser apurados KPIs (Key Performance Indicators) de produtividade, qualidade e finanças. Esta nova versão possui duas características, que a diferencia de outras versões: (i) – deve ser aplicada em três aulas distintas, em dias diferentes, e (ii) – incorpora o conceito de Mapa de Fluxo de Valor entre a segunda e terceira aula, o que obriga os alunos a planejarem, fora da sala de aula, a aplicação ser testada na terceira semana. Este artigo também apresenta resultados da aplicação do jogo em seis equipes constituídas por alunos dos 3º, 4º e 5º ano do curso de Engenharia Química de Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo.*

**Palavras-chave:** *Jogo do Barco, Aprendizagem Baseada em problemas, Mapa de Fluxo de Valor, KPI.*



## 1. INTRODUÇÃO

Os avanços constantes e cada vez mais rápidos que vem ocorrendo nas esferas científicas e tecnológicas vem exigindo mudanças, inclusive no campo da educação. As universidades, em sintonia com estes avanços, vêm aprimorando seus métodos de ensino-aprendizagem para melhor preparar seus alunos para sua carreira profissional.

O ensino de engenharia, em consonância com estes avanços, também vem mudando. A formação de profissionais de engenharia requer alguma forma de prática da vivência do mundo da engenharia. Em função disto, o modelo tradicional de ensino, no qual o professor é o agente ativo, e o aluno, o agente passivo, necessita ser revisto para uma adequada formação de engenheiros. Um ensino cada vez mais dinâmico, onde o foco real esteja no aprendizado dos alunos se faz necessário. Para isto, uma das estratégias de ensino que vem se revelando muito eficaz são os jogos lúdicos e vivenciais que simulam situações da vida real da engenharia, em um contexto pedagógico, cujo objetivo é auxiliar no desenvolvimento do aluno. No que diz respeito à engenharia, Deshpande (2008) explica que estas estratégias auxiliam no processo de formação do engenheiro, que necessita cada vez mais de habilidades que ultrapassam o conhecimento técnico, favorecendo o desenvolvimento de competências nas áreas de gestão, estimulando o dinamismo na tomada de decisões e o trabalho em equipe.

Para Batista *et al* (2011), os jogos de simulação possuem um caráter interativo que resultam em um aprendizado prático, onde vários assuntos diferentes podem ser trabalhados com maior agilidade e flexibilidade. Para estes autores o uso de jogos pelas universidades vem aumentando nos últimos anos, tanto na graduação, quanto na pós-graduação.

Um jogo clássico para o ensino de conceitos de Engenharia e Gestão da Produção é o Jogo do Barco no qual se simula a produção de uma fábrica de barcos. Este trabalho tem como objetivo apresentar uma nova versão do Jogo do Barco, para ser aplicada em três aulas distintas, onde em cada uma delas, é feita uma simulação de um cenário diferente para o processo produtivo, com a inclusão do conceito de Mapeamento de Fluxo de Valor.

## 2. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

### 2.1. Histórico

A Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), em inglês *Problem Based Learning* (PBL), tem suas origens em universidades americanas e canadenses. Porém, a ABP foi considerada como um método de fato a partir dos estudos de Barrows e Tamblyn, na universidade de McMaster, Canadá, nos anos de 1970 (BARROWS, 1976). Estes pesquisadores desenvolveram o método na tentativa de suprir as necessidades identificadas no ensino de graduação do curso de medicina, e relatam que a ABP é uma resposta à insatisfação e ao tédio dos alunos em relação aos conteúdos e conceitos considerados, por eles, irrelevantes à prática médica.

Cardoso (2011) explica que mesmo tendo seu início na área da medicina, a ABP sofreu modificações para a área de engenharia. Na engenharia, o processo de resolução do problema é mais complexo e normalmente tem como resultado mais de uma solução. Já na área médica, as soluções procuradas, muitas das vezes, se reduzem à obtenção de um diagnóstico e a escolha de um medicamento.

## 2.2. Definições

A Aprendizagem Baseada em Problemas é um método de ensino-aprendizagem com foco na utilização de problemas reais ou simulados, a fim de desenvolver o pensamento crítico e as habilidades para solucionar problemas. Para Duch (1996), tais problemas são usados para estimular a criatividade, a curiosidade, e para fazer com que os alunos pensem de maneira crítica e analítica, utilizando apropriadamente os recursos de aprendizagem.

Duch (1996) define a ABP como um ambiente de aprendizagem onde se usa de um problema para iniciar, direcionar e focar a atividade, diferente dos métodos convencionais de aprendizagem que usam o problema como aplicação final na abordagem de um conceito ou conteúdo. Na ABP, é comum que o problema venha antes da apresentação formal da teoria, enquanto nos métodos tradicionais de ensino o problema quase sempre vem depois.

Echavarría (2010) explica que o desenvolvimento da ABP ocorreu primeiramente e acima de tudo na prática. Para esta autora existem várias maneiras de definir e conceituar o método, entretanto na sua visão, não existe uma teoria predominante, mas sim princípios comuns, tais como: (i) - O aluno é o agente ativo da aprendizagem; (ii) - O professor é o agente passivo, atuando como um tutor; (iii) - O problema é o ponto de partida do processo de aprendizagem; (iv) - O problema interage com situações da vida real; (v) - Os alunos possuem mais autonomia; (vi) - Os alunos usam suas experiências e interesses no processo de aprendizagem; (vii) - Os alunos devem pesquisar sobre o problema, propor uma solução e a defender através de argumentação técnica e (viii) - O trabalho deve ser realizado em equipe, tendo em vista, que na vida real, na maioria das vezes é assim que ocorre.

A ABP deve se adequar ao ambiente nos qual é implantada, uma vez que a sua utilização é encontrada nos mais diversos domínios educacionais. Para Macdonald (2011), a ABP “tem quase tantas formas quanto lugares onde ele é utilizado”.

## 2.3. Vantagens e desvantagens

Vários estudos mostram a eficiência da ABP na melhoria do aproveitamento da aprendizagem, porém, assim como qualquer abordagem educacional, esta também apresenta vantagens e desvantagens.

As principais vantagens para os estudantes são a absorção do aprendizado por um longo período de tempo, bem como o estímulo a curiosidade, a tomada de iniciativa e ao pensamento sistêmico, que permite que usem o que aprenderam em outras áreas de assuntos relacionados (DOCHY et al, 2003). Para Powell (2000), este contexto educacional motiva o aluno a trabalhar e a aprender, e o trabalho em grupo abre espaço para maior comunicação dos alunos entre si, e deles com seus professores.

Entretanto, alguns estudos apontam algumas desvantagens da ABP. Powell (2000) e Woods (2004) citam: (i) - a impossibilidade de o docente trabalhar todos os conteúdos por meio de problemas, dado que os cursos são estruturados em torno de disciplinas científicas e (ii) – que a ABP desafia os docentes de várias maneiras, e eles devem estar preparados para enfrentar diferentes situações, tais como quando os alunos adquirem maior conhecimento do que o professor em determinados tópicos. Em relação aos alunos, Woods (2004) explica que, as vezes, ocorre uma falta de aceitação deles diante de sistemas de ensino diferente dos quais eles estão acostumados.

O apontamento destas desvantagens revela que para a utilização adequada da ABP é necessário que haja uma reestruturação de hábito, tanto dos docentes quanto dos alunos, para trabalhar com estratégias de aprendizagem ativa, bem como haja uma maior disposição para a aprendizagem autônoma.

### 3. JOGO DO BARCO

O Jogo do Barco é um jogo onde se simula a produção de uma fábrica de barcos e trabalha conceitos de Engenharia e Gestão da Produção, relacionados à produtividade, qualidade e custos, tais como *takt-time*, just-in-time, gerenciamento de custos, geração e eliminação de estoques intermediários, entre outros (PANTALEÃO et al, 2003). As duas grandes vantagens deste jogo são que ele é muito simples e de baixíssimo custo. Para realizá-lo são necessárias apenas folhas sulfite.

O objetivo da aplicação do Jogo do barco é a realização de uma simulação de uma linha de produção onde possam ser vivenciados conceitos fundamentais de produtividade, qualidade e custos, uma vez que se busca maximizar a produção e minimizar custos.

Pantaleão et al (2003) apresentam uma versão do jogo dividido em seis etapas e usando oito alunos: seis na linha de produção, um gerente e um cronometrista. O jogo ocorre em duas rodadas de 10 minutos. Na primeira rodada, o objetivo é entender como funciona o sistema de produção de barcos, para isto os alunos atuam como observadores da linha de produção, e identificam problemas relacionados: a) ao método de trabalho; b) as pessoas; c) aos recursos físicos. Na segunda rodada os alunos estão livres para introduzirem melhorias de acordo com as observações feitas na primeira rodada.

Posteriormente, Batista et al (2011) aprimoraram o jogo, a partir do modelo proposto por Pantaleão et al (2003), incluindo parâmetros de qualidade, produtividade e custos. Neste novo modelo, o jogo se constitui de três cenários de mercado. O Cenário 1 é onde se apresenta uma abordagem tradicional de produção; inspeção de qualidade no final da linha e fluxo de produção “empurrado”. O Cenário 2 simula o sistema de produção enxuta e propõe-se um aumento da qualidade e da taxa de produção e redução dos estoques intermediários. Já o Cenário 3 é livre, e as decisões ficam a cargo dos alunos. Ao final da simulação dos três cenários, os alunos preenchem planilhas de acompanhamento com os resultados observados.

Dias et al (2012) também propuseram uma nova versão para o Jogo do Barco, na qual os alunos recebem a especificação da quantidade de barcos que devem produzir e algumas características necessárias ao produto. Têm-se três etapas de realização da atividade: a) Reunião de Planejamento; b) Reunião de Preparação; c) Reunião de Produção. Ao término da produção, o vendedor deve entregar os barcos produzidos ao cliente, que faz a inspeção de acordo com as especificações. Por fim, são realizados os cálculos do lucro de cada empresa.

Um ponto em comum nestas três versões é que o Jogo do Barco foi desenvolvido para ser praticado numa única aula. Este fato é um dos que originou o desenvolvimento da versão apresentada neste trabalho, pois a disciplina “Gestão da Produção” na qual ele é usado na EEL-USP é uma disciplina de 2 horas-aulas, ou seja, de 100 minutos, o que torna muito difícil a aplicação de qualquer uma das três versões num único dia, pois elas demandam um tempo maior para sua realização do que o disponível numa única aula da disciplina supracitada.

### 4. O PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DESTA NOVA VERSÃO

O processo de aprimoramento do Jogo do Barco baseou-se no aproveitamento do que havia de melhor em cada uma das três diferentes versões existentes do jogo (BATISTA et al, 2011; DIAS et al, 2012 e PANTALEÃO et al, 2003).

Uma nova versão foi feita para ser aplicada em três aulas, em momentos distintos, e não em apenas uma única aula. Esta nova versão foi testada em um grupo com 12 alunos,



onde, após participarem do jogo, realizaram uma análise crítica do mesmo, através de observações, comentários e propostas. A partir disso, uma segunda versão foi elaborada, que foi então testada novamente com os mesmos 12 alunos, sendo que após este segundo teste ocorreu uma nova reunião de análise crítica, onde foram coletadas novas contribuições. Ao final, destes dois testes, e com as inúmeras contribuições trazidas pelos alunos que participaram, foi elaborada uma proposta de simulação com uma versão inovadora do jogo, a partir do que havia de disponível na literatura e da minuciosa análise dos dois testes realizados. O processo detalhado do desenvolvimento da versão do Jogo do Barco apresentado neste trabalho está descrito em Paccola e Pereira (2014).

## 5. A NOVA VERSÃO DO JOGO DO BARCO

Esta nova versão possui duas significativas diferenças em relação às versões pesquisadas (BATISTA et al, 2011; DIAS et al, 2012 e PANTALEÃO et al, 2003): (i) – ela deve ser aplicada em três aulas distintas, em dias diferentes, necessitando de cerca de 40 minutos para sua aplicação em cada uma das aulas e (ii) – ela incorpora o conceito de Mapeamento de Fluxo de Valor entre a segunda e terceira aula, o que obriga os alunos a planejarem, fora da sala de aula, a aplicação ser testada na terceira semana.

Em cada uma das aulas é testado um cenário diferente. Na primeira aula, o cenário testado é o do Sistema de Produção em Massa. Na segunda aula, são introduzidos conceitos básicos do Sistema de Produção Enxuto (*Lean Manufacturing*). Na terceira semana, o cenário é livre, e os alunos tem o intervalo entre a segunda e a terceira aula para planejarem o que irão fazer, usando obrigatoriamente o conceito de Mapeamento de Fluxo de Valor, bem como todos os demais conceitos de sistemas de produção que desejarem usar.

Os pontos em comum nos três cenários são: (i) – o tempo de produção que deve ser o mesmo (10 minutos) e (ii) - a apuração, após cada cenário, de KPIs de produtividade, qualidade e finanças.

Os KPIs são medidas quantificáveis com o objetivo de apurar se as metas de um negócio (ou de um processo) estão sendo atingidos. Caso não estejam sendo atingidos, esses indicadores auxiliam na tomada de decisões sobre quais ações devem ser realizadas a fim de aprimorar os resultados obtidos.

A avaliação dos KPIs de qualidade é feita a partir da apuração, após cada um dos cenários do jogo, do número de barcos com defeitos. Para isto, cinco tipos de não conformidades não podem ocorrer durante o processo produtivo: (i) - a altura externa da vela deve ser maior que 2 mm; (ii) - o vão central da vela deve ser menor que 4 mm; (iii) - não pode haver papel rasgado; (iv) - não pode haver papel riscado e (v) - não pode haver papel amassado. Quando uma destas cinco não conformidades é encontrada num barco ao final da linha de produção, este barco é classificado como defeituoso.

A avaliação dos KPIs de produtividade tem como principal objetivo a apuração de métricas do *Lean Manufacturing*. Os KPIs de produtividade que devem ser apurados são: a taxa efetiva de produção, *work in process*, *lead time* e *takt time*. Como subsídio para o cálculo destes *KPIs* apura-se o tempo máximo de atendimento da demanda do cliente, bem como o número de colaboradores na linha de produção que pode variar ao longo dos três cenários.

A demanda do cliente refere-se à quantidade de barcos pedidos pelo cliente. Na simulação, este pedido será feito pelo professor (no caso, representando o cliente) no início de cada semana de produção.



O número de colaboradores na linha de produção consiste no total de pessoas envolvidas na fabricação do barco, desde gerente até os operadores de produção.

O tempo máximo de atendimento da demanda consiste no tempo total de funcionamento da linha de produção para atender a demanda do cliente. Se em um turno de produção (10 minutos) a demanda do cliente não for atendida, este tempo será considerado como sendo de 10 minutos. Entretanto, caso a demanda do cliente seja atendida, este tempo será o que for apurado para a produção da quantidade de barcos pedida pelo cliente, portanto inferior a 10 minutos.

Work in Process representa o estoque em processo, ou seja, a quantidade de barcos que permanecem incompletos na linha de produção ao término de um turno de produção.

A taxa efetiva de produção é calculada a partir do total de barcos produzidos sem defeito dividido pelo tempo máximo para atendimento da demanda do cliente.

O Lead Time é o tempo necessário para um produto percorrer todas as etapas do processo do pedido até a entrega para o cliente.

O Takt Time é o tempo disponível para a produção dividido pela demanda do cliente.

A avaliação dos KPIs financeiros tem como principal objetivo a apuração do lucro real obtido após cada cenário. Para apuração do lucro ao final de cada cenário, o valor de venda de cada barco produzido sem defeito foi estabelecido como sendo R\$ 14,00. Por outro lado, três tipos de custos também são apurados: mão de obra, matéria prima e custo fixo.

O Custo da Mão de Obra é apurado a partir do número de colaboradores que atua na linha de produção, onde podem trabalhar Gerentes, Cronometristas, Almoxarifes, Operadores de Produção e Supervisores da Qualidade. O Custo Unitário de cada Gerente foi estabelecido como R\$ 15,00, enquanto o custo unitário de cada uma das demais funções foi estabelecido como sendo de R\$ 10,00.

O Custo da Matéria Prima é calculado a partir dos números de folhas A4 que entraram na linha de produção, tendo sido estabelecido um valor de R\$ 1,00 para cada folha.

O Custo Fixo foi estabelecido em R\$ 10,00 e refere-se a utilidades comuns a uma planta industrial, tais como: água, luz e segurança, dentre outros.

### 5.1. Primeira Rodada

O primeiro Cenário tem como objetivo simular o Sistema de Produção em Massa.

As funções e suas responsabilidades neste cenário de produção são:

- Gerente: Gerenciar todo o processo de produção do barco; Verificar se os operadores estão trabalhando corretamente e calcular os indicadores de Produtividade, Qualidade e Lucro.
- Cronometrista 1: Registrar o tempo médio de cada uma das 5 etapas do processo de montagem. (realizar no mínimo 3 medidas para cada etapa)
- Cronometrista 2: Registrar o tempo médio de parada entre cada uma das 5 etapas do processo de montagem. (realizar no mínimo 3 medidas para cada etapa)
- Almoxarife: Levar a matéria prima do estoque para a linha de produção
- Operador de Produção 1: Realizar a operação de produção número 1
- Operador de Produção 2: Realizar a operação de produção número 2
- Operador de Produção 3: Realizar a operação de produção número 3
- Operador de Produção 4: Realizar a operação de produção número 4
- Operador de Produção 5: Realizar a operação de produção número 5

- Supervisor de Qualidade: Aprovar ou Rejeitar Produto Final com base nos critérios de qualidade estabelecidos.

O processo de fabricação do barco contém 5 etapas (Figura 1). Os materiais necessários para a realização da dinâmica são: folhas de papel A4 brancas e cronômetro.

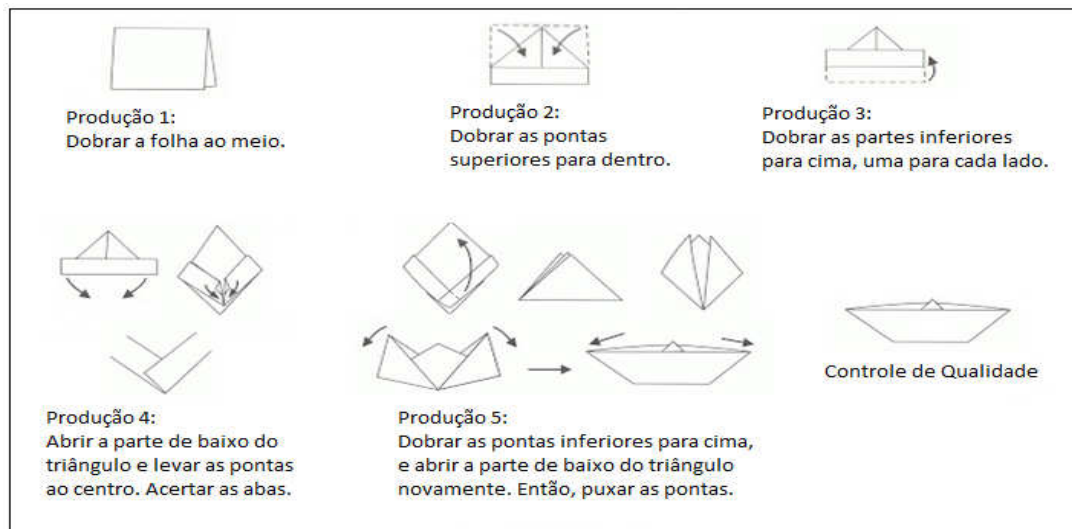


Figura 1 - Processo de Produção.

As regras específicas para este cenário são: (i) - demanda do cliente = 28 barcos; (ii) - cada lote de processamento e transferência deve ter 4 unidades do produto; (iii) - cada operador deve processar um lote de 4 unidades. Completado o lote, só então o operador transfere para a próxima etapa da linha de produção. O operador da etapa seguinte só pode receber, processar e transferir lotes com 4 unidades. Só após transferir um lote para a próxima etapa é que pode receber um lote da etapa anterior para novo processamento; (iv) - A inspeção da qualidade ocorre somente no produto final e (v) - O lay out da linha de produção deve estar em série, do almoxarifado ao controle de qualidade. No final da simulação, compete ao Gerente apurar os Indicadores de Produtividade, Qualidade e Financeiros.

## 5.2. Segunda Rodada

O segundo Cenário tem como objetivo simular o Sistema de Produção Enxuta. Algumas técnicas de *Lean Manufacturing* são introduzidas. A equipe da linha de produção terá um cronometrista a menos, e o Gerente pode dispensar mais um colaborador.

As regras específicas para este cenário são: (i) - Demanda do cliente = 40 barcos; (ii) - Não há lote de processamento e de transferência; (iii) - Entre um operador e outro, deve haver duas “posições” Kanban. Em cada uma destas “posições” deve ser colocado o “barco em construção” oriundo da etapa anterior; (iv) - Quando as duas “posições” Kanban estiverem ocupadas, o operador da etapa anterior deve aguardar uma das posições ficar livre para que ele execute a sua atividade e (v) O lay out da linha de produção deve ser igual ao cenário 1. No final da simulação, compete ao Gerente apurar os Indicadores de Produtividade, Qualidade e Financeiros.

### 5.3. Terceira Rodada

Na semana existente entre o Cenário 2 e o Cenário 3, o grupo deve elaborar o MFVA (Mapa de Fluxo de Valor Atual) e MFVF (Mapa de Fluxo de Valor Futuro). O Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV) é uma ferramenta capaz de representar visivelmente todas as etapas envolvidas nos fluxos de material e informação na medida em que o produto segue o fluxo de valor, auxiliando na compreensão da agregação de valor desde o fornecedor até o consumidor (ROTHER & SHOOK, 2003).

O MFVA tem por objetivo representar o mapa da situação atual do processo, no caso o Cenário 2, e ajudará a tomar decisões sobre o fluxo representado, tornando-o lógico e simples. Uma vez pronto o mapa atual, deve-se construir o MFVF, que será utilizado no Cenário 3, com as melhorias e mudanças feitas baseadas nas observações do mapa atual.

O Cenário 3 é livre; as equipes são semi autônomas. A simulação deve ser feita pelos alunos conforme planejado no MFVF (Mapa Fluxo Valor Futuro), onde estará definido o tipo de sistema de produção, o lote de transferência, a sequência de operações, o número de funcionários, o layout a ser utilizado e outros elementos que queiram incluir no processo. Eles recebem apenas duas regras: uma demanda de 50 barcos para o cliente no tempo de 10 minutos. No final da simulação, compete ao Gerente apurar os Indicadores de Produtividade, Qualidade e Financeiros.

## 6. APLICAÇÃO DA NOVA VERSÃO DO JOGO DO BARCO

Esta versão do Jogo do Barco foi aplicada em 2 turmas na disciplina Gestão da Produção, formada por alunos dos 3º, 4º e 5º ano do curso de Engenharia Química de Escola de Engenharia de Lorena - USP, no 2º semestre de 2013. Uma das turmas tinha 45 alunos e a outra turma tinha 47 alunos. Em cada uma das turmas, foram montados 3 grupos com cerca de 15 alunos cada um deles, sendo que alguns alunos faziam parte do grupo apenas como observadores, mas participaram da discussão e da escolha de papéis dentro do grupo.

O professor da disciplina explicou que ao longo das 3 aulas, alguns papéis dentro do grupo poderiam ser revezados, exceto o de Gerente, que deveria ser o mesmo nos 3 cenários.

Na primeira aula, o professor usou um tempo maior para explicar o jogo, bem como reforçar os conceitos do Sistema de Produção em Massa e do Sistema de Produção Enxuta.

Na segunda aula, na sua primeira metade foram apresentados os conceitos sobre Métricas Lean (*Lead Time*, *Takt Time*, dentre outras) e Mapeamento de Fluxo de Valor.

Na terceira aula, inicialmente cada grupo de alunos apresentou o Mapa de Fluxo de Valor Futuro que haviam elaborado e que seria utilizado na simulação do terceiro cenário. Em seguida, a dinâmica foi feita, e enquanto os Gerentes apuravam os KPIs, foi realizada uma análise sobre o aprendizado obtido a partir do Jogo do Barco.

O detalhamento completo do jogo foi disponibilizado *on line* pelo professor aos alunos (PEREIRA, 2014), para que antes de cada aula, eles pudessem entender o jogo.

### 6.1. Indicadores de Qualidade

Os resultados médios dos 6 grupos apurados para os Indicadores de Qualidade estão na Tabela 1, onde é possível inferir que o número de barcos com defeitos reduziu de forma significativa do primeiro para o terceiro cenário.

No primeiro cenário, o resultado obtido (cerca de 1/3 de barcos com defeito) sugere uma baixa preocupação dos alunos com a qualidade, uma vez que estavam muito focados em





atender a demanda do cliente. Já no segundo cenário, observa-se uma melhora na qualidade do processo, uma vez que se introduzem conceitos Lean, e percebe-se uma maior preocupação com a qualidade do processo, traduzido numa significativa redução do percentual de barcos com defeitos. No terceiro cenário, obteve-se uma quantidade ínfima de barcos com defeito. Portanto, evidencia-se que o foco dos alunos com qualidade evolui muito do primeiro para o terceiro cenário.

Tabela 1 – KPIs de Qualidade.

Indicadores	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Total de Barcos Produzidos	16,3	30,4	48,0
Barcos sem Defeitos	8,3	28,9	47,6
Barcos com Defeitos	8,0	1,5	0,4
Porcentagem de Barcos com Defeitos (%)	34,3%	4,9%	0,83%

## 6.2. Indicadores de Produtividade

Os resultados médios dos 6 grupos apurados para os Indicadores de Produtividade estão na Tabela 2. Esses resultados revelam que a introdução dos conceitos de *Lean Manufacturing* no cenário 2 causou um aumento relevante da produtividade do processo, uma vez que a taxa de produção subir de 0,83 para 3,00 barcos/minutos, um aumento de mais de 200%. A introdução do lote único, com o conceito de “*kanban*” reduziu significativamente a quantidade de material incompleto em estoque (“*work in process*”).

Tabela 2 – KPIs de Produtividade

Indicadores	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Demanda do Cliente (Quantidade de Barcos)	30	40	50
Número de Colaboradores na Linha de Produção	10	9,43	8,14
Estoque em Processo ( <i>Work in Process</i> )	14,0	5,1	2,0
Tempo Máximo para Atendimento da Demanda (minutos)	10,0	9,71	9,08
Taxa Efetiva de Produção (Barcos sem Defeito / minutos)	0,83	3,0	5,33
Lead Time = Ciclo do Produto (segundos)		113,6	52,3
Takt Time = Ciclo do Processo (segundos)		21,9	11,6

No terceiro cenário, os indicadores Lean (*Lead Time* e *Tack Time*) revelam ótimos resultados, pois ocorreu uma significativa redução de ambos. Acredita-se que parte deste resultado se deve a elaboração do Mapa de Fluxo de Valor Futuro a partir do Mapa de Fluxo de Valor Atual (Cenário 2), pois permitiu que cada equipe aperfeiçoasse tudo aquilo que havia sido eficaz nos dois cenários anteriores e descartassem o que havia se mostrado irrelevante. Esses dados permitem inferir que a mudança do cenário estático de produção para uma linha contínua e mais avançada contribuiu muito para a melhora da produtividade. Observou-se também, que mesmo com o aumento da demanda, os grupos conseguiram atendê-la em um menor intervalo de tempo conforme os cenários se alteravam.

### 6.3. Indicadores Financeiros

Os resultados médios dos 6 grupos apurados para os Indicadores Financeiros estão na Tabela 3, onde se constata que os lucros cresceram de maneira significativa do primeiro para o terceiro cenário.

Tabela 3 – KPIs Financeiros.

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
Quantidade Produzida (QP) (sem defeito)	8,3	28,9	47,6
Receita Total (RT) = (QP x Valor de Venda) (R\$)	116,00	404,00	666,00
Custo da Mão de Obra (CMO) (R\$)	105,00	99,29	86,43
Custo da Matéria Prima (CMP) (R\$)	30,29	35,57	50,00
Custo Total (CT = CMO + CMP + CFX) (R\$)	145,29	144,86	146,43
Lucro (RT- CT) (R\$)	-29,29	259,14	519,57

A introdução das ferramentas de *Lean Manufacturing* permitiu que o prejuízo apurado no primeiro cenário se transformasse em lucro no segundo cenário. Lucro este que aumenta em mais de 100% do segundo para o terceiro cenário. Evidencia-se, portanto, quão importante é buscar ferramentas que possam agregar valor ao processo produtivo, pois a evolução da produtividade e da qualidade do processo são os responsáveis pela evolução dos indicadores financeiros.

### 6.4. Mapa de Fluxo de Valor

Um dos mais ricos aprendizados nesta versão do Jogo do Barco é sobre Mapeamento do Fluxo de Valor, pois cada grupo de alunos teve de desenvolver o Mapa de Fluxo de Valor Futuro para o Cenário 3 a partir do Mapa de Fluxo de Valor Atual do Cenário 2. Cada um dos seis grupos apresentou um Mapa de Fluxo de Valor Futuro para o Cenário 3 diferente. Das seis propostas, duas são detalhadas aqui a fim de demonstrar a importância do uso do Mapeamento de Fluxo de Valor no Jogo do Barco. A Figura 2 apresenta o Mapa de Fluxo de Valor Futuro de um dos grupos.

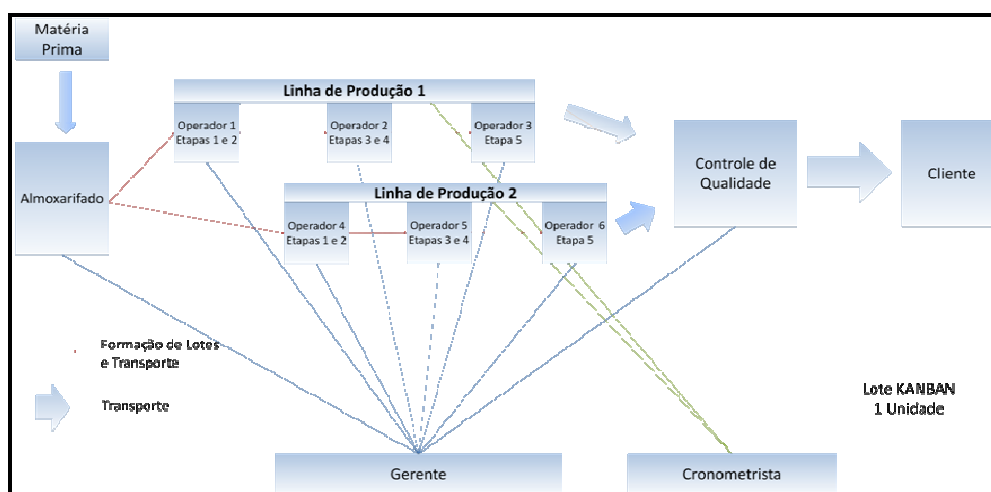


Figura 2 – Mapa de Fluxo de Valor Futuro.



Um dos grupos fez duas significativas mudanças. A primeira consistiu em criar a função de subgerente para auxiliar qualquer etapa a fim de evitar estoque, o que fazia que caso houvesse um problema esse fosse resolvido de forma simples e pontual pelo subgerente. A segunda mudança foi colocar dois operadores na etapa 5 devido a complexidade da tarefa.

Outra equipe tomou a decisão de duplicar a linha de produção, especificamente das etapas 1 à 5, dobrando a capacidade de produção e aumentando a possibilidade de atender a demanda. Por outro lado, para controlar o custo, o grupo designou três operadores para cada linha de produção, agrupando algumas das etapas, conforme mostrado na Figura 2.

## 7. CONCLUSÃO

O desenvolvimento desta nova versão permite que alunos que estudem Gestão de Operações em cursos de Engenharia possam vivenciar na prática um grande número de conceitos fundamentais de produtividade, qualidade e finanças.

A aplicação feita com os alunos de Engenharia Química da EEL-USP revelou que os resultados de produtividade, qualidade e finanças aumentaram de forma significativa do primeiro até o terceiro cenário.

A utilização do Mapeamento de Fluxo de Valor mostrou-se relevante, pois ampliou a visão sistêmica dos alunos a respeito de um sistema produtivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROWS, H. S. A taxonomy of problem based learning methods. *Medical Education*, v. 20, p. 482-486, 1976.

BATISTA, C. S.; OLIVEIRA, F. L.; NASCIMENTO, E. V. Proposta de um jogo didático de gestão da produção. *Anais: XXXI - ENEGEP*. Belo Horizonte, MG, 2011.

CARDOSO, I. M. UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ. Métodos Ativos de Aprendizagem: O Uso do Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino de Logística e Transporte, 2011. 131p. Dissertação (Mestrado)

DESHPANDE, A. UNIVERSITY OF CINCINNATI. Virtual Enterprise Resources Planning for Production Planning and Control Education, 2008. 188p. Dissertação.

DIAS, M. C.; TURRIONI, J. B.; & SILVA, C. V. O uso do Aprendizagem Baseada em problemas no ensino da engenharia de produção. *Anais: XXXII - ENEGEP*. Bento Gonçalves, RS, 2012.

DOCHY, F.; SEGERS, M.; BOSSCHE, P. V.; GIJBELS, D. Effects of Problem-Based Learning: a meta-analysis. *Learning and Instruction*, n. 13, p. 533-568, 2003.

DUCH, B. J. Problems: a key factor in PBL. Disponível em: <<http://www.udel.edu/pbl/cte/spr96-phys.html>> Acesso em: 08 mar. 2014.

ECHAVARRIA, V. M. Problem-Based Learning Application in Engineering. *Revista EIA*, n.14, p. 85-95, 2010.



PACCOLA, F. T.; PEREIRA, M. A. C. O Aprimoramento do Jogo do Barco para o Aprendizado Baseado em Problemas no Ensino de Fundamentos de Engenharia de Produção. PAEE. Medellín, Colômbia, 2014.

PANTALEÃO, L. H.; OLIVEIRA, R. M.; & ANTUNES J. A. V. Utilização de um jogo de produção como ferramenta de aprendizagem de conceitos de engenharia de produção: O jogo do barco. Anais: XXII - ENEGEP. Ouro Preto, MG, 2003.

PEREIRA, M. A. C. Dinâmicas de Engenharia. Disponível em: <[www.marco.eng.br/dinamicas/index.html](http://www.marco.eng.br/dinamicas/index.html)> Acesso em: 20 mai 2014

POWELL, P. From classical to project-led education. In: POUSADA, A. S. Project based learning: project-led education and group learning. Universidade do Minho, Portugal, p. 11-40, 2000.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar: mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício - manual de trabalho de uma ferramenta enxuta. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

WOODS, E. J. Review: Problem-based learning. Biochemistry Education, v. 51, n. 2, p. 21-26, 2004.

## **BOAT GAME: AN INNOVATIVE VERSION INCLUDING VALUE STREAM MAPPING**

**Abstract:** The simulation games have been used increasingly in the universities, by having a dynamic and interactive feature/disposition and by enabling a practical learning, where many subjects can be approached at the same time. Intending to contribute to the engineering education and production management concepts in the universities, this article presents an innovative version of The Boat Game. In this version, there is the simulation of three different scenarios: 1) Mass Production System; 2) Lean Production System and 3) Free Scenario, where the students decide the rules of the productions system by themselves. In each one of the three scenarios, KPIs (Keys Performance Indicators) of productivity, quality and financial must be investigated. This new version presents two characteristics that differs itself from the other versions: (i) – it must be applied in three distinct classes, in different days, and (ii) – it incorporates the concept of Value Stream Mapping between the second and the third classes, which obligates the students do plan, outside classroom, the application to be tested in the third week. This article also presents the results of the application of the game in six teams composed by students from 3<sup>rd</sup>, 4<sup>th</sup> and 5<sup>th</sup> year of the course of Chemical Engineering of the School of Engineering of Lorena, from São Paulo University.

**Key words :** *Boat Game, Problem-Based Learning , Value Stream Mapping, KPI.*