



METODOLOGIA PARA PROCESSO INTEGRADO DE COMISSIONAMENTO EM UNIDADES INDUSTRIAIS

Gloria Maria Alves Ney¹, Márcio Zamboti Fortes²

1 Universidade Federal Fluminense

2 Universidade de São Paulo

RESUMO

A gaseificação é um sistema bastante utilizado pela indústria, e o seu comissionamento deve ser avaliado com cautela. Um comissionamento bem executado é fundamental para a redução de custo e tempo de trabalho, para a previsão de possíveis problemas durante o processo de partida e para os ajustes iniciais dos sistemas industriais. Neste trabalho, foram analisados dois processos de comissionamento, e, a partir deles, foi gerado um macroprocesso simplificado com os principais equipamentos. Isso foi pensado para se entender melhor o processo de gaseificação, podendo auxiliar no planejamento do comissionamento.

Palavras-chave: Gaseificação, Comissionamento, Planejamento, Macroprocesso.

1. INTRODUÇÃO

A evolução da gestão de projetos vem crescendo devido à complexidade dos empreendimentos, à sua dimensão, aos objetivos dos projetos e à crescente turbulência no ambiente e nas operações (Costa et Ramos, 2013).

O processo de comissionamento é de extrema importância para a avaliação dos sistemas e dos equipamentos de uma unidade industrial. Segundo Bendiksen et Young (2005), o comissionamento era um processo que estava associado à indústria naval apenas, em que durante a prova de cais os equipamentos do navio eram avaliados, e, a partir dessa avaliação, assegurava-se que estavam em perfeitas condições antes de ser realizada a partida. Realizar o comissionamento é benéfico, pois é possível detectar não conformidades e problemas em suas construção e montagem. Assim, realizando o planejamento das ações necessárias, pode-se reduzir os custos com a manutenção, evitar retrabalhos e reduzir o tempo das atividades. Em uma etapa inicial, consegue-se minimizar as possíveis falhas/defeitos no início do funcionamento do sistema em avaliação.

O comissionamento é uma prática aplicada a diferentes sistemas, e alguns exemplos reportados na literatura são: sistemas de instrumentação com *wireless* (Costa et al., 2014), processo de refinaria com óleo pesado (Kemaloglu et al., 2009), plantas de tratamento de efluentes (Gikas, 2008) e sistemas conectados em uma *microgrid* com IEC 61850 (Ruiz-Alvarez et al., 2010).

Dentro de todos os sistemas utilizados pela indústria petrolífera, a gaseificação é de extrema relevância devido à sua diversidade de uso (muito utilizado para a geração de energia elétrica) e pela geração do gás de síntese (*syngas*), que pode também ser utilizado para geração de energia, como apresentado por Marculescu et al. (2016).

O processo de gaseificação não se refere apenas a uma mudança de estado físico, mas sim à transformação química de combustíveis sólidos ou líquidos em um gás de síntese, que é uma mistura de gases combustíveis. Esse gás de síntese pode ser inflamado diretamente, para a produção de



energia, ou então resultar em matéria-prima de outros compostos de origem industrial, como derivados do plástico, por exemplo, os quais podem também resultar em combustíveis, mas em outro estado físico da matéria (Silva, 2016).

Devido aos grandes desastres ambientais ocorridos na década de 1990, as organizações começaram a refletir sobre as ferramentas utilizadas e a forma de utilização dos recursos energéticos (Assis *et al.*, 2012). Assim, a gaseificação veio para reduzir o uso de combustíveis fósseis.

Com o intuito de avaliar e obter um melhor entendimento do processo de comissionamento e de gaseificação, um macroprocesso genérico será apresentado para facilitar o entendimento. O macroprocesso foi descrito por Baum (2015) como sendo um meio pelo qual uma organização reúne atividades com o objetivo de gerar valor e atingir as suas metas. Dois exemplos de uso de macroprocessos como ferramenta de apoio à gestão em outros setores são: pecuária (Rosado Jr. et Lobato, 2009) e hotelaria (Silva et al., 1999).

A motivação para este artigo é a importância de realizar um controle integrado sobre o comissionamento da gaseificação. Com isso, pretende-se apresentar um macroprocesso genérico com os equipamentos principais de modo a facilitar o entendimento e dar uma visão da metodologia do comissionamento. O objetivo é apresentar uma metodologia que possa ser aplicada a um processo de comissionamento em um sistema de gaseificação que utilize, como combustível, derivados do petróleo, por exemplo.

A metodologia consiste, primeiramente, em verificar como é realizado o sistema de gaseificação de duas grandes fabricantes de gaseificadores, TEXACO e E-GAS, e, a partir do conhecimento adquirido, gerar um modelo de gaseificação genérico que englobe os principais equipamentos.

2. REFERÊNCIAS TEÓRICAS

2.1 Comissionamento

Segundo Costa et Ramos (2013), os projetos atuais são bastante complexos e necessitam de alta diversidade de habilidades. Para lidar com isso, são criadas novas formas de gestão. O comissionamento é o processo que assegura que os sistemas e os componentes de uma instalação sejam projetados, instalados, testados, operados e mantidos de acordo com as necessidades e os requisitos operacionais do proprietário da instalação (cliente). O comissionamento pode ser aplicado tanto a novas instalações quanto a unidades e sistemas existentes em processo de expansão, modernização ou ajuste (Brito *et al.*, 2010).

O comissionamento também foi definido por Verri (2013) como sendo um conjunto de atividades destinadas à preservação e à verificação da funcionalidade de itens e sistemas, caracterizando-se pela realização de testes, verificações, aferições, calibrações, ajustes e testes de simulação a “frio”, ou seja, testes energizados, porém sem a aplicação de carga.

No período de construção de um projeto, o planejamento deve ser bem elaborado para evitar atrasos, custos e duração de atividades excessivos. O mesmo vale para o comissionamento, pois é nessa etapa que é verificado se os sistemas e os equipamentos estão operando de maneira adequada. Segundo Vaz (2010), o sequenciamento e a dependência das atividades dentro do comissionamento, caso acumulem, podem resultar em atrasos devido ao término da montagem e à eliminação de pendências.

Segundo Tanaka *et al.* (2012), muitos projetos de melhoria não atingem bons resultados devido a uma gestão inadequada, à má definição do objetivo e à falta de comprometimento da equipe. Logo, para a implantação de um projeto de melhorias, é necessário saber as variáveis relativas para assim aumentar a eficácia. Mediante um planejamento correto, é possível:

- (i) Garantir a entrega da obra dentro do prazo previsto;
- (ii) Reduzir a duração do comissionamento;
- (iii) Reduzir o custo do projeto e da manutenção.

Para melhores definição e planejamento das atividades, é necessário que uma equipe de comissionamento esteja presente desde o início do projeto. Isso garante a preservação de equipamentos, evitando quaisquer imprevistos durante a construção do projeto. Essa prática não é muito comum, devido aos custos relacionados à manutenção da equipe de comissionamento desde o projeto básico até a entrega do sistema em perfeito funcionamento, sendo que, em alguns casos, mantém-se até mesmo na operação assistida.

Na execução do planejamento, identifica-se possíveis gargalos que existirão durante o projeto. Tais gargalos são conhecidos como caminho crítico. Segundo Bendiksen et Young (2005), o caminho crítico é o maior caminho dentro de um cronograma, ou seja, é o caminho cujas atividades possuem um *total float* (tempo que, caso uma atividade atrase, não provoca impacto na duração do projeto) igual a zero. Os recursos do projeto devem ser direcionados de forma que sejam evitados atrasos e que ocorra uma previsão dos problemas. Com isso, os gestores são desafiados a reorganizar processos, reduzir custos, administrar o tempo e atender outros requisitos, como meio ambiente, segurança e responsabilidade social (Costa et Ramos, 2013).



Para se alcançar o sucesso, o cronograma planejado deve ser seguido e todos os envolvidos devem compreender e trabalhar nas atividades do caminho crítico. Cada vez que esse cronograma for revisado, o caminho crítico deve estar destacado, e os progressos atuais devem ser verificados constantemente para averiguar se ocorreram desvios. Caso estes ocorram, deve ser verificado o motivo e, se necessário, atualizar o cronograma (Bendixsen et Young, 2015).

Para organizar o comissionamento dentro de um projeto, é necessário que se prepare um plano de comissionamento, sendo este elaborado durante o período de engenharia básica. Nesse plano, de acordo com Vaz (2010), deve estar contido:

- (i) A entrega dos principais equipamentos;
- (ii) A formação de equipes de comissionamento;
- (iii) A descrição dos sistemas para o comissionamento;
- (iv) A descrição dos recursos a serem utilizados.

A Tabela 1 fornece instruções sumarizadas para a elaboração de um plano de comissionamento.

2.2 Gaseificação

Atualmente, há uma preocupação das empresas com os impactos ambientais e sociais. Isso ocorre devido às leis mais severas impostas por alguns governos. Nessa perspectiva, a sustentabilidade é um diferencial estratégico para as empresas na busca de maior eficiência e ganhos de desempenhos por meio da inovação (Assis et al., 2012). Com a busca por combustíveis limpos e pela redução do uso de combustíveis fósseis, a gaseificação tem recebido bastante destaque nas últimas décadas, segundo Materazzi et al. (2016). Continuando com o pensamento de Materazzi et al.

(2016), a gaseificação é a conversão de um combustível sólido em eletricidade ou em gases combustíveis (gás de síntese). Antes de apresentar o macroprocesso de gaseificação, serão apresentados dois exemplos utilizados pela indústria, que são: o processo da Texaco e o processo da E-Gas.

2.2.1 Texaco

Para esse processo de gaseificação, o petróleo e o vapor são misturados no queimador. Durante o resfriamento do gás de síntese gerado pelo gaseificador, há a remoção de impurezas, que são eliminadas sob a forma de uma lama. Após o arrefecimento, a lama é misturada com nafta para remover as impurezas da água, e este subproduto é misturado ao petróleo. A nafta é recuperada na torre de destilação e levada ao decantador. Após a retirada da nafta, o que sobra é utilizado para alimentar o gaseificador (Higman et Burt, 2011).

Na Figura 1, é apresentada uma simplificação do processo da Texaco.

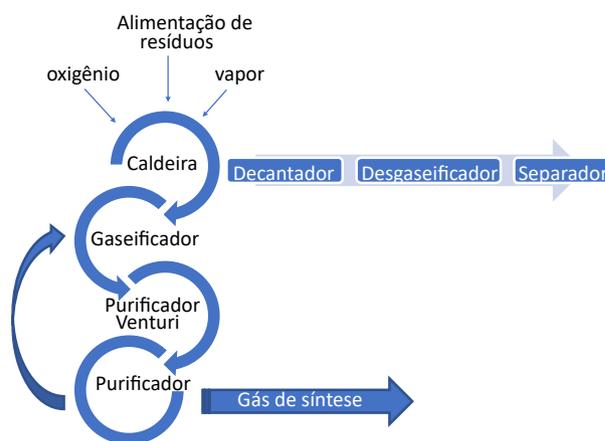


Figura 1 - Processo de Gaseificação da Texaco
Fonte: Elaborado a partir de Higman et Burt (2011)

Tabela 1 - Plano de comissionamento

Item	Documento	Atividades	Resultado	Produto
1	Fluxograma de engenharia e diagrama unifilar.	Realizar a demarcação manual e definir os pacotes de comissionamento.	Relação dos pacotes por número e nome.	Cronograma dos pacotes de comissionamento integrado com o do empreendimento
	Premissa: considerar o início dos pacotes de comissionamento a 80% da barra de progresso da montagem do sistema ou área do projeto e término aos mesmos 100% da montagem. Objetivo: o planejamento do comissionamento deve estar integrado ao planejamento global antes da fase de construção do empreendimento.			
2	Listas de equipamentos, instrumentos, linhas e cabos.	Avaliar de acordo com os recursos definidos.	Definir os grupos das etapas de comissionamento.	Organograma das etapas do processo de comissionamento.
3	Utilizar a composição dos produtos dos itens 01 e 02 e dos recursos de mão de obra para a elaboração.			Histograma de homem-hora do comissionamento.

Fonte: Adaptado a partir de Vaz (2010)



2.2.2 E-Gas

O processo se inicia com a preparação do combustível do gaseificador. Nesse processo, pode ser utilizado carvão ou coque verde de petróleo esmagados e misturados à água, formando uma lama. Dentro do gaseificador, essa lama é misturada ao oxigênio no primeiro estágio, resultando no gás de síntese, o qual é levado ao segundo estágio, onde é misturado com a lama (aumenta a eficiência do processo). Saindo do gaseificador, esse gás é resfriado, e o calor reaproveitado, gerando vapor à alta pressão. O gás de síntese é então filtrado para a remoção das impurezas. Esse gás de síntese, rico em hidrogênio, é utilizado para ser queimado na turbina e gerar energia elétrica (CB&I, 2016).

Na Figura 2, esse o processo simplificado é apresentado.



Figura 2 - Processo de gaseificação E-Gas

Fonte: Elaborado a partir de CB&I (2016)

2.3 Macroprocesso de Gaseificação

A partir das informações dos processos estudados, pode-se perceber semelhanças entre eles, sendo possível a sua redução e a apresentação das principais etapas desse sistema. Entender esse macroprocesso é importante para uma boa elaboração do comissionamento, pois capacita a determinação com maior precisão do tempo e das atividades necessárias, além do conhecimento de quais são os principais equipamentos.

Segundo Santos et Neto (2012), todo sistema, ao ser implementado, precisa de estratégia. Ações são feitas para minimizar os riscos e auxiliar no aumento de maturidade da organização. A Figura 3 apresenta uma representação desse macroprocesso em estudo.

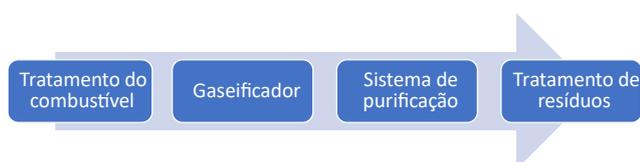


Figura 3. Macroprocesso

Fonte: O próprio autor

3. SÍNTESE DE ATIVIDADES

Para a determinação das principais etapas do comissionamento, foi avaliado em cada sistema as principais atividades por disciplina. O sistema de tratamento de resíduos é apresentado como exemplo da forma em que a síntese de atividades foi elaborada. As disciplinas analisadas foram: Mecânica, Processo, Elétrica, Instrumentação e Controle e Segurança. Utilizou-se as informações de *Functional Testing and Design Guides* (2006) como referência para o resumo das atividades apresentadas a seguir.

- Mecânica:
 - Todos os ventiladores devem possuir fácil acesso para a instalação e a manutenção;
 - Devem ser considerados os requerimentos de instalação e operação do medidor de variação de velocidade;
 - Verificar se os motores são compatíveis;
 - Todas as correias de transmissão devem ser ajustadas e alinhadas;
 - Certificar-se de que os dutos não foram contaminados com água e poeira durante a construção;
 - Verificar se a capacidade do ventilador está de acordo com os instrumentos utilizados e em quais são as condições em que serão realizados os testes;
 - Verificar alinhamento, fixação e identificação dos componentes dos conjuntos mecânicos.
- Elétrica:
 - Caso necessário, o motor deve ser aterrado;
 - *Backdraft dampers* necessitam ser testados para uma operação adequada. Os *dampers* que não forem motorizados deverão abrir e fechar livremente sem *binding*, e *dampers* motorizados devem estar conectados ao sistema de controle/automação, verificando-se se eles estão abrindo antes da operação dos ventiladores;
 - Verificar sequência de fase e alimentação dos equipamentos motrizes;
 - Simular faltas no sistema de alimentação e checar sinais no supervisório (por exemplo, desarmes por sobrecarga, elevação de temperatura nos enrolamentos).



- Instrumentação e Controle:
 - Verificar se com as quedas de pressão é acionado o sistema de combate a incêndio e *dampers* de fumaça;
 - Fazer teste de *loop* para as malhas de instrumentação;
 - Seguir roteiros de verificação dos instrumentos nos *set-points* definidos na engenharia de projeto;
 - O sistema deve ser projetado para manter a pressão constante, e outros sistemas de instrumentação devem ser verificados.
- Segurança:
 - Equipamentos e sistemas de segurança devem estar em boas condições e confiáveis;
 - O sistema projetado deve estar de acordo com a norma/legislação local relacionada, a norma OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*), e limpo;
 - Devem ser instaladas e testadas para verificar se operam corretamente as portas de alívio de pressão.
- Processo:
 - Os sistemas de retorno, alívio e exaustão não devem exceder os valores de pressão estipulados em projeto;
 - Acompanhar para valores de projeto a operação dos principais equipamentos, eliminando/registando anomalias e padrões de processo fora das referências de fluxograma de processos projetados.

4. CONCLUSÃO

Com projetos cada vez mais complexos, tornou-se necessário realizar melhores acompanhamento e planejamento. Uma das etapas que mais necessita de atenção é o comissionamento, que, se realizado adequadamente, pode reduzir custos, auxiliar na detecção de irregularidades e diminuir o retrabalho. Segundo Bendiksen et Young (2015), de 80 a 90% dos riscos que se concretizam na etapa de comissionamento poderiam ser previstos, evitando o retrabalho. Isso ocorre pelo fato de a maior parte dos riscos sob um ponto de vista gerencial ser genérica.

O sistema em destaque neste trabalho é a gaseificação, a qual pode ser utilizada em diversas indústrias para a geração de gás combustível e energia. Para um melhor entendimento desse processo e para facilitar o planejamento do comissionamento, propõe-se um macroprocesso com os principais equipamentos. A partir de avaliação de procedimentos utilizados pela indústria, foram detectados os equipamentos-chave e uma síntese das principais atividades.

Entende-se que a simplificação de comissionamento com a redução de atividades para aqueles considerados essenciais é uma forma de reduzir o custo com planilhas complexas, contemplando sistemas nos quais, muitas vezes, não há atividade ou equipamento instalado. Ou seja, elaborase o planejamento de comissionamento considerando a lista de atividades em que, no processo em aplicação, não há a função para comissionar. Quando se apresenta um macroprocesso reduzido e o planejamento por disciplinas focando somente em sistemas básicos, reduz-se o tempo e o custo nesse processo, e permite ao planejador inserir atividades específicas de um equipamento/processo somente quando há a necessidade de avaliar a função.

No exemplo em foco, nota-se que a utilização de um macroprocesso se faz relevante para o entendimento adequado. Com esse entendimento, pode-se planejar o comissionamento do sistema de gaseificação de maneira correta, uma vez que são conhecidos seus principais equipamentos. A partir dessa premissa, é possível elaborar o cronograma com as atividades necessárias e o tempo adequado. Assim, com o conhecimento do macroprocesso de gaseificação, torna-se viável elaborar o comissionamento dos equipamentos principais, facilitando o seu planejamento e focando a minimização de custos e atividades em uma primeira análise.

REFERÊNCIAS

- Assis, B. F. S. P. et al. (2012), "Metodologia para análise de maturidade de inovações sustentáveis", *Sistemas & Gestão*, Vol. 7, No.3, disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/V7N3A10/V7N3A10> (Acesso em 07 de junho de 2016). doi: <http://dx.doi.org/10.7177/sg.2012.V7.N3.A10>
- Baum, E. (2015), "Conceitos básicos de atividades, tarefas, processos e macroprocesso", disponível em: <http://www.sabesim.com.br/conceitos-atividades-tarefas-processos-macroprocesso/> (Acesso em 02 de maio de 2016).
- Bendiksen, T. et Young, G. (2005), *Commissioning of offshore oil and gas projects: the manager's handbook*, AuthorHouse, Estados Unidos.
- Bendiksen, T. et Young, G. (2015), *Commissioning of offshore oil and gas projects: the manager's handbook*, 2 ed., AuthorHouse, Estados Unidos.



- Brito, A. S., Ribeiro, H., Matos, L. M. (2010), *Comissionamento em sistemas de tubulações de utilidades*, Monografia apresentada como pré-requisito para a conclusão do curso de Construção e Montagem de Tubulações Industriais – Ênfase em Petróleo e Gás, Instituto SENAI de Educação Superior, Rio de Janeiro, RJ.
- CB&I (2016), “E-Gas process overview”, disponível em: <http://www.cbi.com/technologies/e-gas-process-overview> (Acesso em 05 de abril de 2016).
- Costa, C.E.S. et al. (2014), “Industrial Wireless Instrumentation and the Current Commissioning Model” IFAC Proceedings Volumes, Vol.47 No.3, pp.2617-2621. doi: 10.3182/20140824-6ZA-1003.02035.
- Costa, S. R. R. et Ramos, A. F. B. (2013), “Modelo de maturidade em gerenciamento de projeto: em estudo de caso aplicado a projetos de petróleo e energia”, *Sistemas & Gestão*, Vol. 8 No. 3, disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/V8N3A2/V8N3A2> (Acesso em 07 de Junho de 2016). DOI: <http://dx.doi.org/10.7177/sg.2013.V8.N3.A2>.
- Functional Testing and Design Guides (2006), “Return, Relief, and Exhaust: Functional Testing Checklist Tool”, disponível em: <http://www.ftguide.org/ftct/ahu-rtnrelexh.htm> (Acesso em 28 de março de 2016).
- Gikas, P. (2008), “Comissioning of the Gigantic Anaerobic Sludge Digesters at the Wastewater Treatment Plant of Athens”, *Environmental Technology*, Vol.29, No.2, pp.131-139. doi: 10.1080/09593330802028469.
- Higman, C. et Burgt, M. V. D. (2011), *Gasification*, Gulf Professional Publishing, Estados Unidos.
- Kemaloglu, S. et al. (2009). “Model Predictive Control of a Crude Distillation Unit an Industrial Application”, IFAC Proceedings Volumes, Vol.42, No.11, pp.880-885. doi:10.3182/20090712-4-TR-2008.00144.
- Marculescu, C., Cenusă, V., Alexe, F. (2016), “Analysis of biomass and waste gasification lean syngases combustion for power generation using spark ignition engines”, *Waste Management*, Vol.47, pp.133-140. doi:10.1016/j.wasman.2015.06.043.
- Materazzi, M. et al. (2016), “Waste Management”, Elsevier, Vol. 47, pp. 256-266.
- Rosado Jr., A.G. et Lobato, J. R. P. (2009), “Application of a model of management by macroprocesses to a beef cattle enterprise: a case study”, *Revista Brasileira de Zootecnia*, Vol.38, No.11, pp.2280-2288. doi: 10.1590/S1516-35982009001100030
- Ruiz-Alvarez, A., Colet-Subirachs, A., Gomis-Bellmunt, O. et al (2010), “Design, management and comissioning of a utility connected microgrid based on IEC 61850”, *Proceedings of 2010 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference Europe (ISGT Europe)*, pp.1-7. doi: 10.1109/ISGTEUROPE.2010.5638857.
- Santos, J. P. et Neto, G. C. O. (2012), “Uma contribuição para a excelência em gestão da qualidade na indústria metal mecânica: estudo de múltiplos casos e survey”, *Sistemas & Gestão*, Vol. 7 No.3, disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/V7N3A9/V7N3A9> (Acesso em 07 de Junho de 2016). DOI: <http://dx.doi.org/10.7177/sg.2012.V7.N3.A9>
- Silva, A. L. S. (2016), “Gaseificação”, disponível em: <http://www.infoescola.com.br/reacoes-quimicas/gaseificacao/> (Acesso em 10 de maio de 2016).
- Silva, C. F., Neres, W. A., Varvakis, G. (1999), “Busca de Melhorias em Serviços: Uma Aplicação na Indústria Hoteleira”, *Anais do XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, pp.1-20, em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1999_A0135.PDF. (Acesso em 12 de junho de 2016)
- Tanaka, W. Y. et al. (2012), “Fatores críticos para implantação de projetos de melhoria continua Segundo líderes e construtores industriais”, *Sistemas & Gestão*, Vol., 7 No.1, disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/V7N1A7/V7N1A7> (Acesso em 07 de Junho de 2016). DOI: <http://dx.doi.org/10.7177/sg.2012.V7.N1.A7>
- Vaz, M. A. M. (2010), *Melhores práticas de comissionamento*, Schoba, Salto, SP.
- Verri, L. A. (2013), “Gestão de ativos: o comissionamento antecipado na construção e montagem como vetor positivo na preservação da confiabilidade”, *Anais do XXVII Congresso da Abraman*, em: <http://www.verriveritatis.com.br/Toro/marco2013/ABRAMAN.pdf>. (Acesso em 22 março de 2015).