



PRÊMIO GLP DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

*** Edição 2011 ***

PARTICIPANTE: KRONA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.

CATEGORIA: PROJETOS DE INSTALAÇÕES

TÍTULO:

**DESENVOLVIMENTO DE
FLARE TRANSPORTÁVEL**



PRÊMIO GLP DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA

* Edição 2011 *

PARTICIPANTE: KRONA CONSULTORIA E PROJETOS LTDA.
CATEGORIA: PROJETOS DE INSTALAÇÕES
TÍTULO: DESENVOLVIMENTO DE *FLARE* TRANSPORTÁVEL
AUTOR: Fernando Cörner da Costa ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Eng. Mecânico (PUC-RJ), Eng. de Segurança do Trabalho (UERJ), M.Sc. em Processos Químicos e Bioquímicos (Mauá), Professor do IBP e *Senior Partner* da Krona.

ABSTRACT

This paper shows the development of a mobile flare for fuel gases, since the prototype until the final equipment. The first approach shows the needs of a lightweight and reliable flare, considering the practice of gas purging and the unavailability of similar equipment in Brazil, which motivates this job. The main features for commissioning and decommissioning of gas installation are related, in order to allow the comprehension of the flare purging. Requirements for the design of the equipment are described as well as the gases characteristics that were taken into account. Therefore the prototype construction and the tests results are carefully discussed, explaining the reasons for the modifications to be done. And then the ultimate flare was tested and the final results and conclusions are related.

RESUMO

Este trabalho mostra o desenvolvimento de um *flare* móvel para gases combustíveis, desde o protótipo até o equipamento final. A primeira abordagem mostra a necessidade de um *flare* confiável e de baixo peso, considerando a prática da purga de gás e da indisponibilidade de equipamento similar no Brasil, o que motivou este trabalho. As principais características do comissionamento e descomissionamento das instalações de gás são descritas, a fim de permitir a compreensão da purga em *flare*. Os requisitos para o projeto do equipamento são descritos, assim como as características dos gases combustíveis que foram levadas em conta. Assim, a construção do protótipo e os resultados dos testes são cuidadosamente discutidos, explicando-se os motivos das modificações a serem feitas. E então, o *flare* definitivo foi testado e os resultados finais e as conclusões estão relatados.

1. BREVE HISTÓRICO DA EMPRESA

A KRONA é uma pequena empresa fundada na cidade de Niterói – RJ em dezembro de 1993 pelo Eng. Fernando Cörner da Costa, após pedir demissão da empresa AGA-FANO S.A., subsidiária colombiana da multinacional sueca AGA Aktiebolag, onde ocupava cargo na diretoria, para regressar ao Brasil por motivos particulares.

O nome KRONA foi escolhido por ser uma palavra sueca que significa COROA, a moeda daquele país, pois o nome CORNER já estava registrado no INPI e não poderia ser usado na área de engenharia.

No início de 1994, a KRONA assinou seu primeiro contrato com a AGA Aktiebolag (Suécia) para prestar serviços de consultoria às subsidiárias estabelecidas na América Latina, nas áreas de desenvolvimento de aplicações e equipamentos relacionados. Este contrato foi renovado até 1999, quando então a LINDE GASES, grupo alemão, comprou a AGA e resolveu não mais renovar os contratos internacionais.

Assim a KRONA transferiu-se para a sede própria construída em Diadema – SP e continuou a prestar serviços com contratos assinados diretamente com algumas subsidiárias da LINDE na América Latina, com empresas brasileiras de gases combustíveis e com indústrias, enfocando as atividades de consultoria, projeto e treinamento.

2. MOTIVAÇÃO PARA ESTE DESENVOLVIMENTO

Sistemas de gases combustíveis e, particularmente, o gás liquefeito de petróleo, necessitam de comissionamento, manutenção preventiva e, por vezes, de manutenção corretiva. A situação mais rotineira é o ensaio hidrostático referente

a vasos de pressão, como parte dos processos de inspeção de segurança inicial, periódico e extraordinário estabelecidos pela Norma Reguladora nº 13 do Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 2006). As atividades de inspeção e de manutenção exigem o descomissionamento e o comissionamento de vasos de pressão, tubulações e equipamentos de processo. Em todos esses processos ocorre sempre a necessidade da purga de gás para a atmosfera, a qual necessita de um equipamento confiável para queima e que, na maioria dos casos, seja transportável. Embora este equipamento tenha a denominação em português “tocha”, costuma ser chamado de *flare*, sua denominação no idioma inglês, que significa “queimar de uma forma brilhante, tanto irregularmente como por um curto período de tempo” segundo PROCTER (1995). Atualmente esta característica de “chama brilhante” está mudando a concepção dos *flares* fixos de verticais para horizontais, devido à suspeita de causar desorientação de aves migratórias.

Portanto, o desenvolvimento de um *flare* transportável que atendesse às necessidades das empresas de gás, associado à inexistência de equipamento similar e confiável no Brasil, foi a principal motivação deste projeto.

3. PARTICIPAÇÃO DO EQUIPAMENTO NOS PROCESSOS

Para melhor compreensão do texto, é necessário expressar duas definições.

Comissionamento: conjunto de procedimentos necessários para colocar em operação equipamentos de processo, vasos de pressão e tubulações.

Descomissionamento: conjunto de procedimentos necessários para a retirada de operação de equipamentos de processo, vasos de pressão e tubulações.

Tanto no comissionamento como no descomissionamento existe a necessidade da purga de gás combustível. Não sendo recomendável a liberação do gás para a atmosfera, a solução mais indicada é sua queima em *flare*. Nas plantas

petroquímicas existem *flares* fixos alimentados por tubulações dedicadas, de forma a atender às necessidades das purgas. Porém, quando se trata de equipamentos e tubulações instalados fora desse ambiente, como tanques de GLP nas dependências de consumidores industriais, raramente são encontrados *flares* fixos disponíveis. A solução é o uso de *flares* transportáveis.

No comissionamento, duas situações são habitualmente encontradas: os tanques de GLP encontram-se com ar no seu interior, quando novos ou após a retirada da água utilizada no ensaio hidrostático. O primeiro passo é a recomendável eliminação do ar com gás inerte, normalmente nitrogênio, purgando-se a mistura gás inerte-ar para a atmosfera. Após redução do teor de oxigênio a nível seguro, inicia-se a admissão de gás formando uma mistura gás inerte-GLP, a qual deve ser purgada do tanque, queimando-a convenientemente em *flare*.

No descomissionamento, considerando tanque de GLP, a fase líquida deverá ser previamente transferida para outro tanque ou consumida. Mesmo que o consumo seja eficiente para, além de acabar com a fase líquida, baixar a pressão da fase vapor a um valor mínimo, o tanque ainda estará cheio de gás em baixa pressão. A expulsão do gás remanescente no tanque poderá ser feita com a introdução de água ou gás inerte, forçando a saída do GLP para queima no *flare*. Quando o descomissionamento tem por objetivo a realização do ensaio hidrostático periódico, exigido pela NR-13, é mais freqüente a utilização da água para expulsar o gás. Porém o descarte da água do ensaio deve ser feito de acordo com a legislação ambiental, pois poderá estar contaminada com derivados do petróleo, óxidos de ferro e compostos de enxofre, além de aditivos.

No passado não era incomum que todas as operações fossem realizadas com a liberação do gás para a atmosfera. Ainda recentemente, tal liberação tem sido feita pela queima do gás de uma forma improvisada e desprovida de critérios de segurança mais elaborados, de forma que tal queima se apresenta incompleta, gerando odores e fuligem.

4. REQUISITOS PARA O PROJETO

Os principais requisitos considerados na elaboração do projeto do *flare* transportável foram os seguintes:

Praticidade

O *flare* deve ser de fácil operação e dispensar o uso de eletricidade, de forma que possa funcionar até em locais desprovidos de infraestrutura, como por exemplo na purga de um trecho de gasoduto no campo. E sua montagem deve dispensar a necessidade da presença de profissionais especializados e o uso de ferramentas incomuns.

Mobilidade

O equipamento deve ser leve e ocupar pouco espaço, possibilitando até ser transportado no porta-malas de um pequeno veículo particular ou despachado por frete aéreo.

Segurança

Este é um requisito fundamental, pois é necessário que o *flare* seja projetado para enfrentar condições adversas como intempéries, tanto com respeito à sua estabilidade estrutural como à estabilidade de chama (descolamento ou retrocesso).

Qualidade dos produtos da combustão

Embora não existam padrões específicos para balizar as emissões neste tipo de queima em atmosfera aberta, de frequência tão eventual para cada caso, a maioria dos órgãos ambientais aceitam como condições mínimas, a serem respeitadas, a inexistência de fuligem visível e de odores que ultrapassem as divisas da propriedade onde o *flare* estiver operando.

Durabilidade

O equipamento deve ser resistente, tanto a impactos como a temperaturas elevadas presentes nas proximidades da chama. Além disso, deverá resistir aos choques térmicos e à oxidação. E, todo o trajeto percorrido pelo gás através do *flare* e seus acessórios, deverá considerar a possibilidade da passagem de água, material particulado, resíduos oleosos e outros fluidos com características ácidas ou alcalinas sem danificá-lo, para a hipótese da purga com água que se contaminou com resíduos existentes nos tanques e nas tubulações.

Versatilidade

O *flare* deve estar preparado para operar com gases combustíveis de composições diferentes, inclusive elevados teores de gases inertes, admitindo ainda variações nas características devidas a temperaturas e pressões baixas e elevadas. É desejável ainda que o queimador possa admitir uma ampla faixa de potências (*turndown ratio*), operando tanto em condições de potências elevadas, para realizar rapidamente o serviço, como em potências mínimas quando as pressões disponíveis do gás a incinerar forem baixas.

6. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

O desenvolvimento do projeto iniciou-se com a definição das principais características do *flare*, ou seja, sua potência máxima (3.300.000 kcal/h = ~300 kg GLP/h) e suas dimensões, de forma que pudesse ser transportado até no interior de um carro de uso particular. Além disso, seu peso deveria possibilitar sua movimentação e montagem por uma única pessoa, dispensando até o auxílio de um mecânico ou auxiliar e de ferramentas especiais.

A primeira dimensão foi estabelecida para que a chama não se situasse abaixo da altura de 2 metros em relação ao piso, desenvolvendo-se no sentido vertical ascendente. A segunda dimensão foi o polígono da base que deveria ser, no

mínimo, igual à altura. Para que o equipamento permanecesse estável, mesmo em pisos irregulares, foi escolhida a configuração de um tripé. Devido ao comprimento do tripé, necessário para cumprir a premissa da estabilidade, optou-se por dividir cada haste em duas partes conectadas por roscas.

Em sequência, foi concebido o corpo do queimador. O projeto considerou a opção de um venturi convencional, com câmara de expansão semi-confinada para homogeneização da mistura gás-ar seguida do bocal de queima. A vazão de entrada do ar de combustão seria controlada por um dispositivo de área variável, como uma grelha giratória com sistema de fixação para a posição regulada. O bocal do queimador foi dimensionado para os gases combustíveis derivados do petróleo, levando-se em conta as velocidades de chama (TABELA 1). E a concepção do queimador foi complementada com uma proteção externa removível contra ventos, de forma a evitar o descolamento da chama.

TABELA 1. Velocidades máximas de chama dos gases combustíveis.

GÁS COMBUSTÍVEL	COMBURENTE: AR ATMOSFÉRICO	
	Velocidade máxima (m/s)	Fator de combustão (*)
Metano	0,45	1,08
Etano	0,48	1,14
Etileno	0,73	1,13
Propano	0,46	1,06
Propileno	0,72	1,14
n-Butano	0,45	1,03
Butadieno	0,57	1,23

OBS. (*): Combustão estequiométrica acarreta no fator de combustão = 1,0
Exemplo: fator de combustão = 1,06 significa 6% de excesso de ar

Ref.: GLASSMAN (1996)

A alimentação de gás ao queimador foi idealizada para permitir o controle da vazão e para evitar a condição de retrocesso de chama através do bloqueio do fluxo reverso e do abafamento da chama. A opção do abafamento da chama por orifícios restritores, como materiais sinterizados disponíveis no mercado, foi descartada devido às purgas que seriam realizadas com enchimento de água para expulsar o gás, frequentemente seguidas dos ensaios hidrostáticos. No final deste tipo de purga existe sempre a elevada possibilidade da presença de sólidos como ferrugem e demais particulados, além de lamas e borras de petróleo que certamente obstruiriam rapidamente o elemento sinterizado.

Assim, o abafador de chama exigiu o desenvolvimento de um projeto dedicado, assumindo-se a filosofia do princípio do resfriamento do fluxo reverso (chama em retrocesso), devido à indisponibilidade desse acessório no mercado. O citado resfriamento ocorre na passagem da chama em retrocesso com velocidade reduzida através de um cilindro pleno de recheio não oxidável, metálico ou cerâmico, inicialmente na temperatura ambiente. A massa desse recheio absorve o calor da chama, resfriando-a a valores inferiores à temperatura mínima de auto-ignição do gás considerado (TABELA 2), culminando na extinção da chama.

TABELA 2. Temperaturas mínimas de auto-ignição, na pressão atmosférica.

GÁS COMBUSTÍVEL	COMBURENTE	
	Ar atmosférico (°C)	Oxigênio puro (°C)
Metano	537	-
Etano	472	-
Etileno	490	485
Propano	493	468
Propileno	455	-
n-Butano	287	-
Butadieno	420	-

Ref. AHLBERG (1985) e REED (1986)

O projeto considerou a temperatura mínima de auto-ignição do n-butano (287°C), hipótese esta mais conservativa por ser o valor mais baixo entre os gases combustíveis a serem incinerados. Desta forma, o efeito de extinção da chama ocorreria até a quarta parte do comprimento da parte cilíndrica envolvente do recheio, na direção do fluxo reverso, restando ainda três quartas partes do recheio como reserva de segurança. Assim, o fator de segurança considerado no projeto do abafador de chamas é igual a 3 (três).

Complementando o projeto, foi definida a chama de partida com a escolha de um piloto a GLP, com alimentação independente do gás a ser incinerado no *flare*, apresentando necessariamente uma chama longa e muito estável mesmo em atmosfera aberta e com a presença de intempéries. A regulagem de pressão e o suporte do piloto com dois graus de liberdade (translação e rotação), fixado no corpo do queimador, complementam a configuração mínima exigida para prover uma chama-piloto confiável na posição ideal.

Os materiais de construção especificados para o *flare* foram: o aço inoxidável para o corpo do queimador, para a proteção externa contra ventos e para o abafador de chamas; as ligas de cobre para os demais acessórios; e aço carbono galvanizado para o tripé.

7. CONSTRUÇÃO E TESTE DO PROTÓTIPO

Foi então construído o protótipo do *flare* e duas caixas de madeira: uma para embalagem do corpo do queimador com seus acessórios e a outra para o tripé.

O primeiro teste do protótipo foi realizado numa indústria química em Paulínia – SP, onde foram realizados o descomissionamento e o comissionamento de dois tanques estacionários de butadieno (C_4H_6), o qual é um gás liquefeito de petróleo que apresenta características especiais. Segundo a WHITE MARTINS (2001), o

butadieno é um gás inflamável e instável (duas ligações covalentes duplas), facilitando a polimerização, e é suspeito de causar câncer no ser humano; em contato com o ar pode formar peróxidos inflamáveis e explosivos espontaneamente. Estas características indicam a necessidade de sua incineração para que não seja lançado *in natura* na atmosfera.

O procedimento do descomissionamento de cada tanque foi o esgotamento prévio da fase líquida para o processo de industrialização, restando apenas a fase vapor. A partir de então se iniciou a queima da fase vapor do butadieno. Na medida em que a pressão interna do tanque baixava, era introduzida água para expulsar o gás para o *flare*. Este procedimento seguiu até cada tanque estar cheio de água, ocasião quando o *flare* se apaga passando a esguichar água no injetor de gás.

Durante o citado procedimento, o desempenho do *flare* não foi totalmente satisfatório. Ocorreram alguns retrocessos de chama para a câmara de expansão da mistura gás-ar devido ao superaquecimento do bocal do queimador pela radiação da chama. Embora indesejáveis, tais retrocessos de chama serviram para testar os dispositivos de bloqueio de fluxo reverso e de abafamento da chama, os quais apresentaram desempenhos perfeitos. O problema dos retrocessos de chama foi minimizado reduzindo-se a vazão do ar primário na mistura butadieno-ar.

Após alguns dias, quando a manutenção e o ensaio hidrostático dos tanques de butadieno foram concluídos, iniciou-se o comissionamento com a expulsão do ar através da inertização por nitrogênio. Em seguida, foi iniciado o abastecimento do butadieno em fase líquida, sendo a mistura nitrogênio-vapor de butadieno queimada através do *flare*. Neste processo, o desempenho do *flare* foi mais satisfatório devido à presença de nitrogênio na mistura, ao longo de quase todo o período de queima.

Antes do segundo teste foi realizada uma modificação no *flare*: o bocal de queima foi estendido com a intenção de afastar a chama da câmara de expansão e de permitir a deposição de pelotas de argila expandida como isolamento térmico, pois a radiação da chama era muito intensa.

O segundo teste realizou-se numa indústria de vidro na cidade do Rio de Janeiro, cujo objetivo foi o descomissionamento de dois tanques de propileno (C_3H_6), também um gás liquefeito de petróleo comercializado pela Linde do Brasil sob a denominação de “Thermolene”. Esta operação destinava-se à eliminação da fase líquida remanescente nos tanques, que totalizava um pouco mais de dez toneladas, culminando com a máxima redução possível da pressão da fase vapor, pois estes tanques seriam retirados do cliente e transportados para as dependências do fornecedor de gás (FIGURA 1).

FIGURA 1. Teste do protótipo de *flare* com propileno.



O desempenho do *flare* melhorou significativamente, embora exigisse ainda alguma atenção do operador com respeito à proporção de ar primário em função da faixa de potências do queimador.

8. MODIFICAÇÕES E TESTE DO *FLARE* DEFINITIVO

Os desempenhos nos testes anteriores conduziram à reflexão com respeito ao atendimento dos requisitos detalhados no capítulo 4. Optou-se então por uma modificação radical do corpo do queimador, exigindo o projeto e a construção de uma peça inteiramente nova. A câmara de expansão da mistura gás-ar deixou de ser semi-confinada, passando para a concepção aberta. Como compensação pela ausência da câmara de expansão tradicional, a qual tem a função de homogeneizar a mistura gás-ar, o novo corpo do queimador foi dotado de duas entradas de ar: uma periférica e a outra central, relativas ao fluxo de gás. Esta configuração tem a finalidade de favorecer a necessária intimidade entre o combustível e o comburente, embora o princípio físico da admissão de ar permaneça o mesmo, ou seja, sucção por efeito de Venturi gerada pelo fluxo do gás. E a proteção removível contra vento foi incorporada ao queimador.

Além disso, o projeto definitivo incorporou ainda um novo acessório, o qual possibilita aumentar a capacidade do *flare* para até cerca de 400 kg GLP/h, quando houve disponibilidade de ar comprimido, ou até 500 kg GLP/h com oxigênio. Trata-se de um Venturi complementar acoplável à entrada do fluxo central de ar, cujos propelentes são o ar comprimido ou o oxigênio.

A primeira oportunidade para testar o modelo definitivo (FIGURA 2) ocorreu novamente na mesma indústria química em Paulínia, com butadieno, o que possibilitou a comparação em igualdade de condições com o teste anterior. A disponibilidade de ar comprimido era limitada a uma vazão discreta, por trata-se de uma tubulação longa e de pequeno diâmetro, pois se destinava apenas ao ar de instrumentação. Ainda assim foi comprovada a eficiência do Venturi

complementar por elevar a vazão do ar e, conseqüentemente, possibilitar a elevação da potência do *flare* na comparação com o projeto anterior.

FIGURA 2. Teste do *flare* definitivo com butadieno.



Os resultados foram excelentes, tanto no descomissionamento como no comissionamento, pois não ocorreu nenhum retrocesso de chama. O efeito auto-proporcionador da admissão de ar em função do fluxo de gás confirmou as premissas da alteração do projeto, dispensando a regulagem manual. Além disso, tendo ocorrido em determinado momento do descomissionamento, no final da tarde, forte chuva com ventos, não houve descolamento da chama do bocal do queimador apesar da chama ter sido arrastada a uma posição quase horizontal.

A oportunidade para o segundo teste ocorreu em indústria do setor agrícola, no Ceará, onde foi descomissionado um tanque de GLP. A operação foi rápida e segura, não tendo sido utilizado o Venturi complementar, fazendo-se uso de água para enchimento do tanque e expulsão do gás para o *flare*, o qual operou sem nenhum problema.

E o terceiro teste foi realizado nas dependências da Linde, em Jundiaí, no descomissionamento e comissionamento do tanque de propileno da base de distribuição e enchimento de cilindros, para a realização dos procedimentos exigidos pela NR-13. Neste caso foi instalado o Venturi complementar insuflado com oxigênio, alimentado por uma cesta de 10 cilindros de alta pressão (200 bar). O resultado com oxigênio foi excelente pois, aumentando a capacidade do *flare*, permitiu a prática de elevadas vazões de propileno puro (FIGURA 3), no início do descomissionamento, e da mistura propileno-nitrogênio no final da purga (FIGURA 4), até que o tanque ficou inertizado. A potência máxima medida foi de 540 kg de propileno por hora no início da queima, superando as expectativas, quando a pressão do tanque de propileno baixou no intervalo de 9 para 5 bar g.

E, no comissionamento, o tanque havia sido previamente inertizado com nitrogênio, queimando-se a mistura nitrogênio-propileno, inicialmente com elevados teores de nitrogênio e finalizando a operação onde o propileno apresentou-se praticamente puro. Em todas essas situações de mistura gás

inerte-gás combustível, nas mais variadas proporções, o desempenho do *flare* foi perfeito sem nenhum retrocesso nem descolamento de chama.

FIGURA 3. *Flare* definitivo queimando propileno.



FIGURA 4. *Flare* definitivo queimando mistura nitrogênio-propileno.



Comparando-se as FIGURAS 3 e 4, nota-se claramente as diferenças no aspecto das chamas, a primeira muito radiante (propileno puro) e a segunda pouco visível devido ao elevado teor de nitrogênio em relação ao propileno.

E a comparação das chamas das FIGURAS 2 e 3 mostra a significativa diferença da radiação entre os dois gases, destacando-se o brilho intenso da queima do butadieno. Porém, em todos os casos, a estabilidade e a qualidade das chamas no *flare* definitivo pode ser considerada excelente, apesar das diferenças de composição dos gases e das suas misturas com nitrogênio.

9. CONCLUSÕES

O desenvolvimento do *flare* transportável pode ser considerado um sucesso. As operações realizadas demonstraram claramente a versatilidade na operação com gases liquefeitos de petróleo de características distintas e requisitos para combustão estequiométrica diferentes, não dependendo portanto de intervenções frequentes do operador, nem de regulagens especiais para cada variação de parâmetro.

O equipamento demonstrou ainda a capacidade para queimar, com chama estável, misturas gasosas com elevados teores de nitrogênio ou outro gás inerte, até mesmo na presença de condições climáticas adversas. O fato do bom desempenho do *flare* com misturas GLP-nitrogênio, variando continuamente desde 100% nitrogênio até 100% GLP, nos leva à reflexão de que o desempenho com gás natural e outros gases combustíveis seria igualmente bem sucedido.

A mobilidade tem sido comprovada pelas diversas modalidades de transporte necessárias para as operações do *flare*, desde a utilização de pequeno veículo até frete aéreo.

E, finalizando, cabe informar que se trata de um equipamento relativamente barato, apresentando uma excelente relação custo-benefício para as empresas distribuidoras de gases combustíveis e as empresas prestadoras de serviços, principalmente sob os aspectos de segurança, meio ambiente, facilidade operacional e mobilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHLBERG, K., *AGA gas handbook*, Lidingö, Suécia, 1985.
- GLASSMAN, I., *Combustion*, third edition, Academic Press, London, UK, 1996.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego, *NR-13 Manual técnico de caldeiras e vasos de pressão*, edição comemorativa – 1ª reimpressão, Brasília, 2006.
- PROCTER, P., *International dictionary of english*, Cambridge University Press, Great Britain, 1995.
- REED, R.J., *North American combustion handbook*, Volume I, third edition, Cleveland, OH, 1986,
- WHITE MARTINS, *Ficha de informação de segurança de produto químico (FISPQ) do butadieno 1,3*, 2001.

Outubro de 2011