

BELL 407 - ESTUDO DE CASOS DE CHOQUE DAS PÁS DO ROTOR PRINCIPAL NA FUSELAGEM DO HELICÓPTERO

José Alexander de Albuquerque Freixo
jaafreixo@terra.com.br

Frederico Augusto M. de Oliveira
fredamoliveira@gmail.com

Alunos, PE-Safety, Turma 4, 2007
Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)
12228-900 São José dos Campos, SP, Brasil

RESUMO

Este é um trabalho da disciplina de Fundamentos de Engenharia de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas do curso PE-Safety do ITA. Analisam-se aqui, a ocorrência de três incidentes com helicópteros BHT 407 que resultam no choque das pás do rotor principal com o *finlet* esquerdo do estabilizador horizontal do cone de cauda da aeronave. A estrutura do trabalho é baseada nos relatórios oficiais dos respectivos incidentes, nas especificações técnicas fornecidas pela Bell Helicopters e em informações coletadas em estudos e pesquisas de campo, as quais envolveram uma visita técnica ao Helipark de Carapicuíba-SP.

Palavras- Chave: rotor principal, choque com a fuselagem, *finlet*, BHT 407, incidente.

ABSTRACT

This is a report from Fundamental of Engineering Helicopters and Rotary Aircraft Wings discipline of ITA PE-Safety course. It's analyzed here, the occurrence of three incidents involving helicopters BELL 407 that result in the main rotor blades strike against the left finlet of the aircraft's tail cone horizontal stabilizer. The structure of this report is based in their incidents official reports, in the technical specifications provided by Bell Helicopters and information collected in field studies and research, which also involved a technical visit to Helipark in Carapicuíba-SP

INTRODUÇÃO

Um dos itens obrigatórios para certificação de helicópteros, previsto na RBHA/FAR § 27.661 é que: “Deve haver uma distância suficiente entre as pás do rotor e outras partes da estrutura para prevenir as pás de colidirem com qualquer parte da estrutura durante qualquer condição de operação” (RBHA/FAR § 27.661). Mesmo com esta obrigatoriedade, há o registro de acidentes e incidentes, envolvendo o choque das pás do rotor principal com a fuselagem do helicóptero.

Este trabalho estuda três dessas ocorrências com a aeronave modelo BHT 407, classificadas como incidentes, entre fevereiro de 2000 e novembro de 2001. Apresenta-se o histórico dos incidentes, as características gerais da aeronave, análise dos incidentes e as ações preventivas adotadas decorrentes desses casos.

HISTÓRICO DOS INCIDENTES

INCIDENTE 1	PT- YZJ	15 FEV 2000 Brasília, DF	DEPARTAMENTO DE POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL
--------------------	----------------	---	---



Figura 1 – PT-YZJ

“Após a realização de treinamento da manobra de desembarque em rapel, o piloto instrutor demonstrou um pouso em auto-rotação, a partir do voo pairado. O instrutor realizou os

procedimentos previstos para um pouso corrido e aproou o vento.

Ao executar o *flare* para o toque, foi ouvido um ruído [...]. Após o pouso, os pilotos perceberam que a aleta vertical do estabilizador esquerdo (*finlet*) havia sido danificada, ocorrendo o seu corte.[...]" (CENIPA, 2002)



“Durante a realização de um vôo local de instrução, para a adaptação de um piloto na função de comandante da aeronave, foram realizadas diversas manobras como: pouso corrido, pouso simulando a situação de uma pane hidráulica e pouso direto, dentre outras.

O vôo teve a duração de 01h 20min e foi todo ele executado na vertical da pista de aerodelismo de Brasília, com pousos na referida pista. A tripulação era composta de um piloto instrutor e um piloto aluno.

As condições meteorológicas eram favoráveis ao vôo visual e o vento local soprava com intensidade de 12 kt.

Ao final do vôo, durante o corte dos motores, os pilotos verificaram que as pás do rotor principal haviam colidido e danificado a parte superior da aleta vertical esquerda do estabilizador horizontal da aeronave (*finlet*).” (CENIPA, 2002)

INCIDENTE 3	PT- YZF	12 NOV 2001 Ipeúna, SP	DEPARTAMENTO DE POLÍCIA RODOVIÁRIA FEDERAL
			

Figura 3 – PT-YZF

“Incidente ocorrido, em instrução com o helicóptero BHT 407 [...]. Na instrução em voo de adaptação do equipamento [...] – AD SDED (pista de grama), transcorrido em cerca de uma hora, foram treinadas algumas manobras, tais como: auto-rotação direta de 90 graus, de 180 graus, e próximo ao final da instrução, quando com um pouco de deslocamento à frente e no IGE, [...] a manobra de pane do motor a baixa altura – “simulação”, sendo que, no toque da aeronave com o solo, as pás do rotor principal vieram a tocar os *finlets* e uma parte da carenagem da árvore de acionamento do rotor de cauda. [...]” (LEAL, 2002)

ANÁLISE DOS INCIDENTES

Todo helicóptero deve cumprir o estabelecido no parágrafo 661 das RBHA/FAR 27, que estabelece que os rotores devem possuir grau de liberdade de batimento de maneira tal que não atinja a fuselagem da aeronave em qualquer condição de operação. Porém, vários helicópteros tiveram que passar por modificações de projeto ou operacionais, pois não atendiam a esse requisito em algumas situações de operação, tais como pousos bruscos, pousos bruscos corridos ou em elevados graus de arfagem a cabrar – *flare*.

Durante pousos bruscos na vertical, o trem de pouso fixa-se firmemente ao solo, segurando o movimento de batimento para baixo da estrutura da aeronave; porém, as pás do rotor continuam descendo. Uma baixa rotação do rotor e uma redução rápida de passo coletivo contribuem para o movimento de batimento para baixo e para a flexão das pás, podendo atingir a estrutura traseira da aeronave (Figura 5). (CRUZ, 2005)

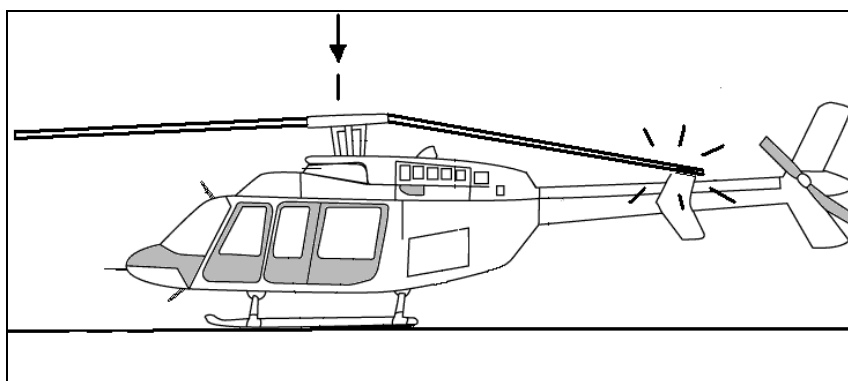


Figura 5 – Pouso Brusco Vertical

Nos pousos bruscos corridos, essa situação pode ocorrer quando o *flare* é excessivo, onde a parte traseira do trem de pouso bate primeiro no solo, fazendo com que a parte traseira do helicóptero tenda a pular de volta para cima enquanto a parte dianteira e o rotor continuam descendo (Figura 6). (CRUZ, RONALDO).

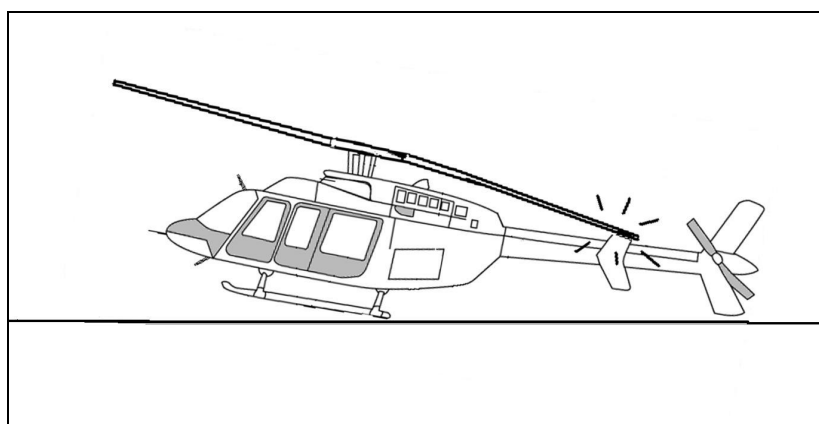


Figura 6 – Pouso brusco corrido

Na execução de manobras de auto-rotação, também existe a possibilidade de ocorrer o choque das pás com a fuselagem traseira. A associação de uma pequena conicidade e batimento para trás pode ser suficiente para reduzir a zero a distância das pás com a estrutura do cone de cauda, quando o piloto atua demasiadamente no comando cíclico a cabrar – *flare*. (CRUZ, RONALDO).

Durante o acionamento e corte dos motores, quando existe a diminuição da rotação e conseqüente redução da força centrífuga que mantém a rigidez das pás, pode ocorrer o toque das pás com a fuselagem do helicóptero, principalmente em condições de vento forte ou deslocamento de ar proveniente de outras aeronaves. Pensando nisso, a maioria dos helicópteros possui batentes nas pás do rotor principal, limitando o batimento para baixo em baixas rotações (como indicado na Figura 7).



Figura 7 – Batentes do Rotor Principal do BHT 407

Nos três incidentes apresentados, as aeronaves sofreram danos na aleta vertical do estabilizador horizontal esquerdo – *finlet*. O tipo de operação também foi semelhante nas três ocorrências, onde eram realizados vôos de instrução, com a execução de procedimentos de auto-rotação, pouso corrido, pouso direto e simulação de pane hidráulica, não sendo possível precisar o exato momento em que ocorreu o choque das pás do rotor principal com a fuselagem.

Os dois primeiros foram alvos de investigação pelo CENIPA, que emitiu Relatório de Síntese de Incidente. Já o terceiro, por sua semelhança com os demais, não foi investigado. Em todos os casos, não foram constatados nenhuma anormalidade ou falhas que indicassem a extrapolação de limites de torque, rotação ou temperatura da turbina. Também não foram

encontradas irregularidades no rotor principal, na transmissão, nos esquis e nos pontos de fixação do cone de cauda. Com exceção da quebra do *finlet* e dos riscos encontrados no intradorso das pás do rotor principal, não houve danos aos componentes do helicóptero que pudessem ter sido causados por pouso excessivamente brusco. (CENIPA, 2002)

Os *finlets* são superfícies instaladas no bordo externo do estabilizador horizontal para auxiliar na estabilidade de voo do helicóptero. O BHT 407 possui dois *finlets* (o esquerdo e o direito) posicionados com uma inclinação de 5° em relação ao bordo de ataque do estabilizador horizontal (Figura 8).

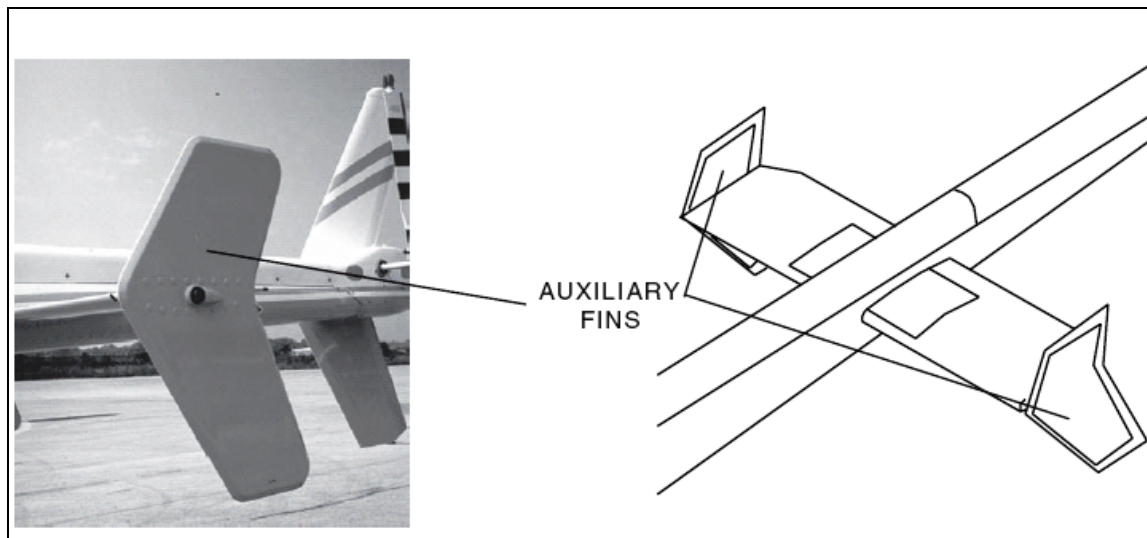


Figura 8 – *Finlets* do BHT 407 (BELL HELICOPTER, 2003)

A posição dos fragmentos do *finlet*, localizados próximo à área de pouso, associado às manobras de instrução de voo realizadas, levaram os investigadores a concluir que o choque das pás não ocorreu em voo e sim durante os pousos.

Outra questão apontada na análise desses incidentes é que, a aeronave BHT-407 possui uma luz de aviso no painel que alerta o piloto todas as vezes em que o comando cíclico está descentralizado (Figuras 9 e 10). Essa luz somente está habilitada quando a aeronave encontra-se no solo, devido à atuação de um *switch* instalado no esqui, porém, consta no manual de voo para desconsiderar essa luz de alerta durante pousos corridos e em terrenos inclinados, situações essas que se referem justamente a condições existentes nos incidentes estudados. Isso gera uma não conformidade entre a função de indicação e a situação envolvida, podendo gerar um conflito ou uma carga de trabalho desnecessária para o piloto (já que ele deve interpretar o alarme e ainda ter que desconsiderá-lo) e, assim, o seu desempenho pode ser prejudicado.



Figura 9 – Painel da aeronave BHT-407



Figura 10 – Detalhe da luz de alerta *Cyclic Centering*

No incidente nº. 1, a manobra de treinamento em auto-rotação foi iniciada do pairado fora do efeito solo, a uma altura dentro da área a ser evitada no gráfico *Altura X Velocidade*. Após o *flare*, houve pouso brusco da aeronave sem, contudo, causar outros danos, ocasionando a flexão excessiva das pás em direção ao helicóptero que já se encontrava apoiado no solo. Devido à baixa altura no início da manobra e a rampa de grande ângulo, não houve pouso corrido.

Também no incidente nº. 3, houve pouso brusco, após manobras de treinamento de pouso em pane hidráulica. No pouso, a flexão das pás do rotor principal também foi excessiva.

Já no incidente nº. 2, segundo o Relatório de Síntese de Incidente elaborado pelo CENIPA, o helicóptero, provavelmente, iniciou o toque no solo com velocidade acima da desejada pelo instrutor, produzindo uma corrida no solo mais longa que as anteriores. Ao aproximar-se do final da pista, o comando coletivo foi aplicado para baixo e o comando cíclico para trás, com uma reação mais intensa do que o normal, com intuito de frear o deslocamento do helicóptero. Essa manobra produziu uma flexão tal das pás do rotor principal que as mesmas colidiram com a aleta vertical esquerda.

Associado a estes casos, existe o efeito aerodinâmico que faz com que a pá que avança (lado direito nesse modelo) ganhe sustentação e suba, e a pá que recua (lado esquerdo) perca sustentação e desça. Como o rotor é do tipo *bearingless*, a resposta dinâmica em batimento das pás não ocorre 90° defasada da excitação (como no caso do giroscópico), sendo um pouco menor e, portanto, associada ao comando cíclico a cabrar. Assim, o ângulo de batimento atinge o seu mínimo justamente no lado em que ocorreram as colisões com a aleta vertical.

O fato de existir uma pequena inclinação de 1° do mastro principal para a esquerda do helicóptero também favoreceu o abaixamento do disco do rotor principal em direção à aleta vertical esquerda.

AÇÕES PREVENTIVAS

Visando a prevenção de incidentes semelhantes aos estudados, o CENIPA emitiu recomendações de segurança de voo, destinadas aos operadores, ao DAC (atualmente ANAC) e ao Instituto de Fomento e Coordenação Industrial – IFI.

Aos operadores, foi recomendada a definição de um local adequado para a realização de vôos de instrução, com infra-estrutura necessária ao atendimento de uma emergência aeronáutica (serviço contra-incêndio e socorro médico).

Ao DAC, o CENIPA recomendou que alertasse os operadores de aeronave modelo Bell 407 quanto aos riscos de choque das pás do rotor principal com o estabilizador vertical durante a realização da manobra de pouso corrido, quando o comando cíclico for posicionado todo para trás. O DAC, por sua vez, emitiu Divulgação Operacional aos operadores da aeronave Bell 407.

Por fim, ao IFI foi recomendada a revisão do processo de homologação desse tipo de aeronave no tocante ao uso do comando cíclico nos pousos corridos. Coube ao IFI também, a solicitação ao fabricante de inserir um alerta no referido manual proibindo o uso do cíclico nos pousos corridos.

CONCLUSÃO

Mesmo com o registro de vários incidentes, onde houve o corte do *finlet* do lado esquerdo, tanto no Brasil como no exterior, o fabricante não motivou nenhuma alteração no projeto do estabilizador auxiliar ou no manual de vôo, a fim de restringir a movimentação do comando cíclico quando a aeronave realiza pouso corrido.

O limite de batimento para baixo, determinado pelo batente existente na cabeça do rotor, não demonstra ser eficiente para evitar o choque das pás do rotor principal com o *finlet*, em condições onde o piloto exerce comando cíclico para trás excessivo, ou em pousos bruscos, situações estas realizadas comumente em treinamentos de pilotos. Dados fornecidos pelo fabricante ao IFI, levam a crer que a aeronave cumpre os requisitos de homologação previstos na RBHA/FAR 27.661, porém a recorrência do choque das pás do rotor principal com o *finlet* esquerdo, traz dúvidas quanto ao fiel cumprimento deste requisito, deixando o piloto com uma pequena margem para erro.

No próprio Relatório de Síntese de Incidente, consta que pilotos representantes do fabricante orientam a não atuar no comando cíclico durante pousos corridos, mas em nenhuma das publicações oficiais da BELL TEXTRON essa recomendação foi encontrada.

Situação semelhante ocorreu com a aeronave BHT 427, onde após o registro de algumas ocorrências nas mesmas condições das estudadas no BHT 407, o fabricante sugeriu, através da publicação do Boletim nº. 427-01-07, a redução das dimensões do *finlet* em aproximadamente 280 mm (Figura 11).

Sem a modificação do projeto do BHT 407 e ou de procedimentos operacionais no manual de vôo, ocorrências desse tipo não estão suficientemente impedidas de acontecerem novamente. Mesmo com recomendações emitidas ao IFI, sugerindo tais modificações ao fabricante, este manteve as mesmas características de projeto e operação da aeronave.

Espera-se que, a exemplo do BHT 427, modificações efetivas sejam adotadas, impedindo a ocorrência de novos incidentes ou até mesmo, acidentes aeronáuticos, envolvendo o choque das pás do rotor principal com partes dessa estrutura da aeronave (Veja um comparativo no apêndice A).

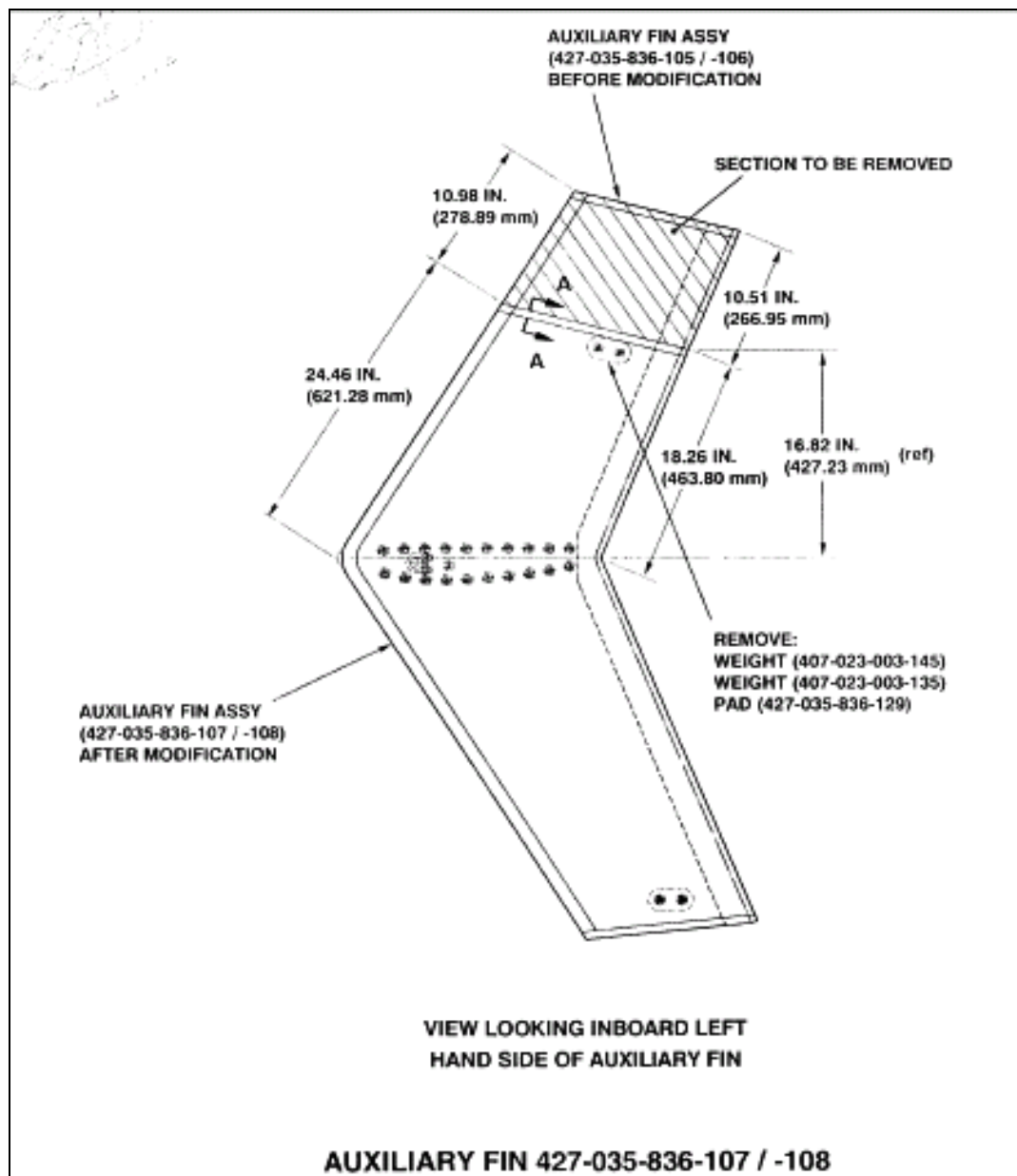


Figura 11 – Modificação do *finlet* do BHT 427

APÊNDICE A

Um comparativo entre as dimensões aproximadas da altura dos *finlets* do BHT 407 e do BHT 427 pode ser obtido através de uma análise em escala do desenho fornecido pelo *technical specs* da Bell Company (Figura A1), e do desenho existente no Boletim 427-01-07 acerca da redução das dimensões do *finlet* do BHT 427 (Figura A2). Assim, pode-se obter a seguinte tabela comparativa:

Tabela A1 - Dimensões aproximadas das alturas dos <i>finlets</i> do estabilizador horizontal		
BHT 207		0,96 m
BHT 407	<i>Antes da redução</i>	1,50 m
	<i>Reduzido</i>	1,25 m

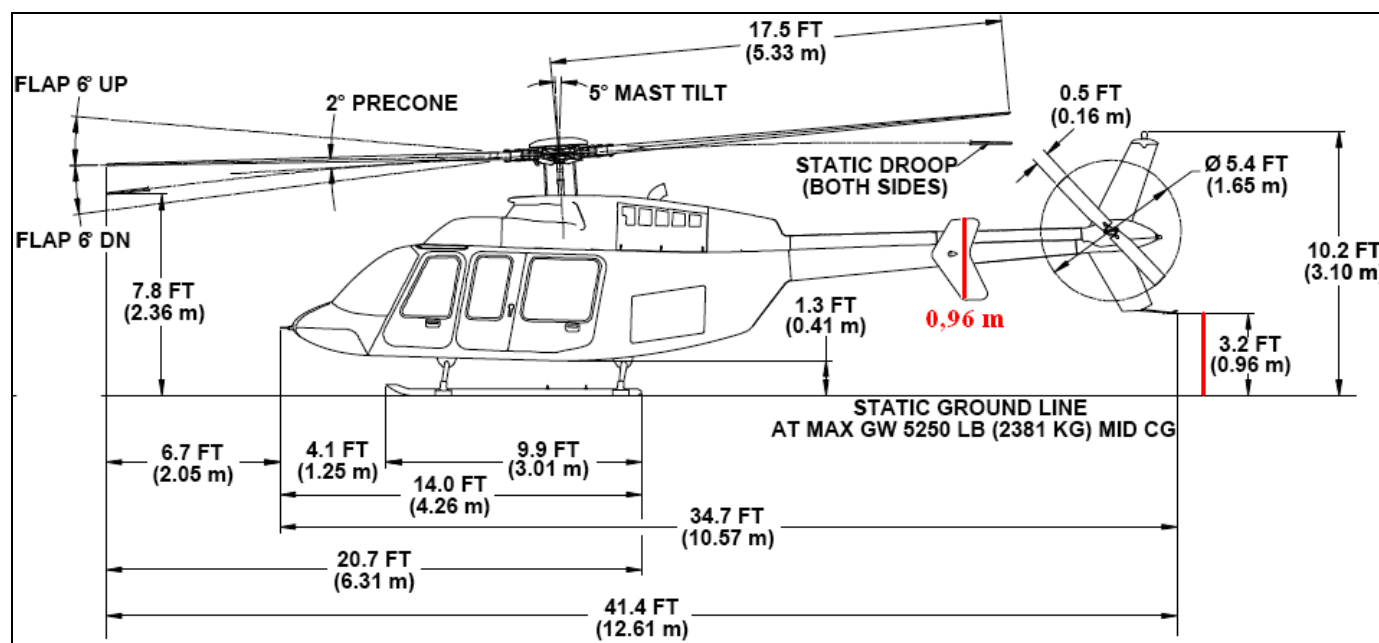


Figura A1 – Vista Lateral BHT 407

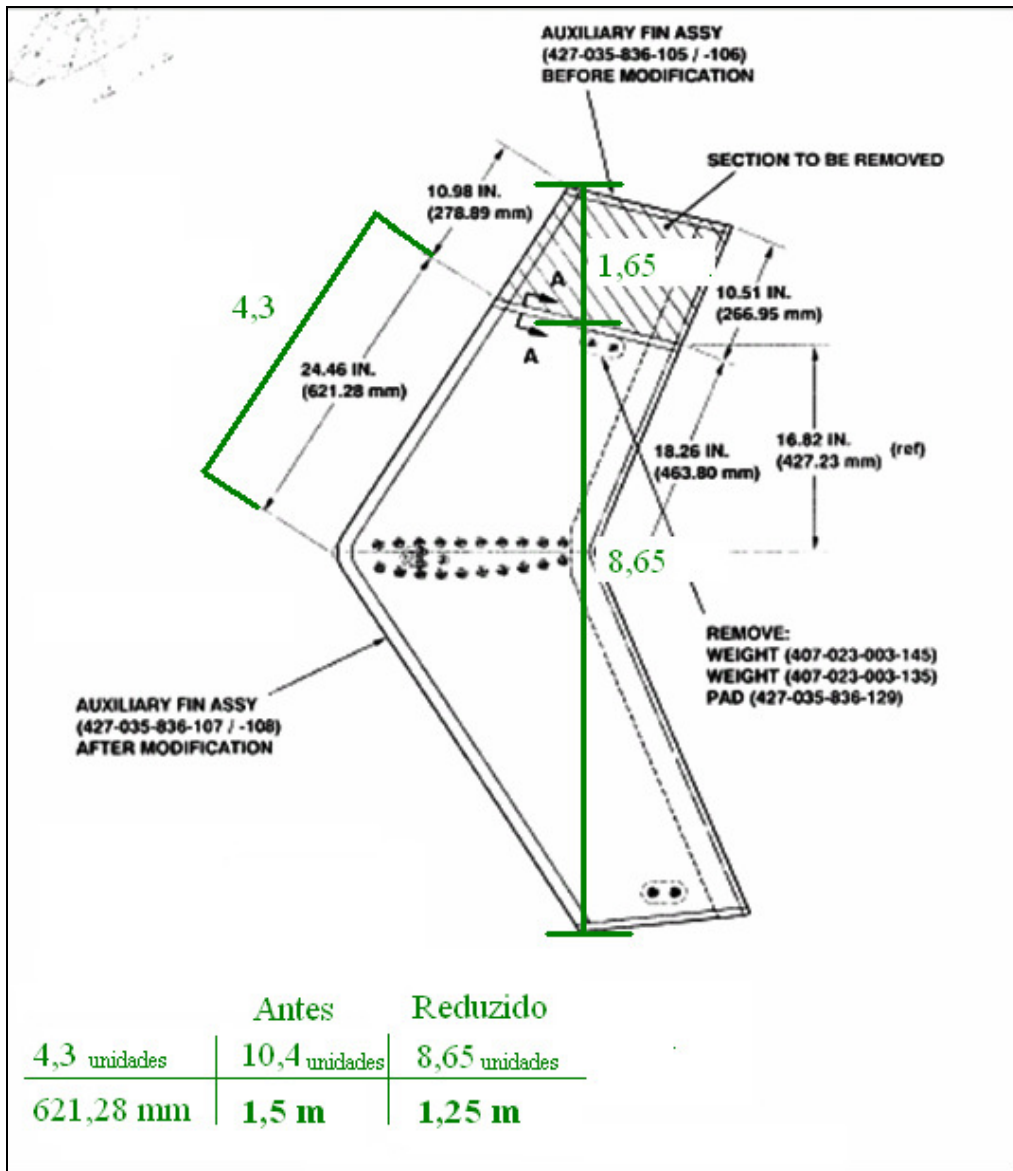


Figura A2 – Finlet esquerdo do estabilizador horizontal do BHT 427

REFERÊNCIAS

BELL HELICOPTER, **Product Data**. 2003 . pg.71, jan. 2003.

BELL HELICOPTER, **Product Specifications**. 2006 . pg.2, jan. 2006.

CENTRO DE INVESTIGAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES AÉREOS, **Síntese de Incidente**. 2002.

CRUZ, RONALDO V., **Fundamentos da Engenharia de Helicópteros e Aeronaves de Asas Rotativas**. [S.I.] 2005.

LEAL, RAUL M., **Relato de Ocorrência com Bell 407**. 2001.

MYAVIATION.NET. 2007. Disponível em:

<http://www.myaviation.net/search/photo_search.php?id=00684638>. Acesso em: 04 nov. 2007.