# Parte 1

aventuras em fabricação

Pisei pela primeira vez na China em novembro de 2006. Não tinha ideia no que estava me metendo. Quando contei à minha mãe que iria visitar Shenzhen, ela exclamou: “Por que você está indo para lá? É apenas uma vila de pescadores!” Ela não estava errada: Shenzhen era apenas uma cidade de 300 mil habitantes em 1980, mas explodiu em uma megacidade de 10 milhões de habitantes em menos de 30 anos. Entre a minha primeira visita e o momento em que escrevi este livro, Shenzhen ganhou cerca de 4 milhões de pessoas – mais do que a população de Los Angeles.

De certa forma, a minha compreensão da indústria ao longo dos

anos reflectiu o crescimento de Shenzhen. Antes de ir para a China, nunca tinha produzido nada em massa. Eu não sabia nada sobre cadeias de suprimentos. Eu não tinha ideia do que significava “operações e logística”. Para mim, parecia algo saído de um livro de matemática ou programação.

Mesmo assim, Steve Tomlin, meu chefe na época, me encarregou de descobrir como construir uma cadeia de suprimentos adequada para nossa startup de hardware, a Chumby. Enviar um novato para a China era um grande risco, mas a minha falta de noções preconcebidas era mais uma vantagem do que uma desvantagem. Naquela época, os capitalistas de risco evitavam hardware, e a China era apenas para empresas estabelecidas que procuravam construir centenas de milhares de unidades de um determinado produto. Minha primeira visita à China certamente apoiou essa ideia, já que visitei principalmente megafábricas que atendiam ao*Fortuna*500.

Chumby teve a sorte de ser colocado sob a proteção da PCH International como seu primeiro cliente inicial. Na PCH, fui orientado por alguns dos melhores engenheiros e especialistas em cadeia de suprimentos. Também tive a sorte de poder compartilhar minhas experiências em meu blog, já que a Chumby foi uma das primeiras startups de hardware aberto do mundo.

Embora cumprir os volumes mínimos de encomenda dos nossos parceiros de produção convencionais fosse uma luta constante, continuei a reparar em pequenas coisas que não se enquadravam na sabedoria convencional. De alguma forma, as empresas chinesas locais conseguiram remixar a tecnologia em produtos boutique. Os chamados shanzhai integravam telefones celulares em todos os tipos de formas extravagantes, desde isqueiros até estatuetas ornamentais douradas de Buda (mais sobre isso no Capítulo 4). A natureza de nicho destes produtos significava que tinham de ser económicos para serem produzidos em volumes mais pequenos. Também notei que, de alguma forma, as fábricas eram capazes de produzir rapidamente circuitos adaptadores sob medida e aparelhos de teste de qualidade surpreendentemente alta em volumes unitários. Senti que havia mais no ecossistema – uma história que era contada continuamente – mas poucos tinham tempo para ouvir, e aqueles que tinham ouviam apenas as partes que queriam ouvir.

A crise financeira de 2008 mudou tudo. O mercado de electrónica de consumo foi esmagado e as fábricas que antes estavam demasiado ocupadas a imprimir dinheiro estavam agora nadando em excesso de capacidade. Fiz amigos em diversas fábricas de médio porte da região. Comecei a perguntar como, exatamente, essas fábricas foram capazes de produzir com tanta agilidade seus equipamentos de teste internos e como a Shanzhai conseguiu prototipar e construir esses telefones sob medida.

Os chefes e engenheiros foram inicialmente reticentes, não porque quisessem esconder de mim potenciais vantagens competitivas, mas porque tinham vergonha das suas práticas. Os clientes estrangeiros estavam cheios de processos corporativos, documentação e procedimentos de qualidade, mas também pagavam caro por essas despesas gerais. As empresas locais eram muito mais informais e pragmáticas. E daí se uma lixeira estiver rotulada como “sucata”? Se as brocas internas forem adequadas para um trabalho, use-as!

Eu queria participar. Como engenheiro, consertador e hacker, eu me importava muito com o custo de produção de algumas unidades, e alguns pequenos defeitos de montagem não eram nada comparados aos problemas de design que tive que depurar. Acabei conseguindo convencer uma fábrica a me deixar construir uma peça usando seu processo de montagem de baixa qualidade, mas ultrabarato.

O truque era garantir que eu pagaria por todo o produto, inclusive pelas unidades defeituosas. A maioria dos clientes se recusa a pagar por produtos imperfeitos, forçando a fábrica a arcar com o custo de qualquer peça que não esteja exatamente de acordo com as especificações. Assim, as fábricas dissuadem fortemente os clientes de utilizar processos mais baratos, mas de baixa qualidade.

É claro que a minha promessa de pagar pelo produto defeituoso significava que não havia incentivo para a fábrica fazer um bom trabalho. Poderia, em teoria, ter apenas me entregado uma caixa de peças de reposição e eu ainda teria que pagar por isso. Mas, na realidade, ninguém tinha tais más intenções; contanto que todos simplesmente tentassem o seu melhor, acertariam cerca de 80% das vezes. Como os custos de produção de pequenos volumes são dominados pela configuração e montagem, meus resultados ainda foram melhores, apesar de jogar fora 20% das minhas peças, e consegui as peças em apenas alguns dias, em vez de algumas semanas.

Ter opções de negociação entre custos, cronograma e qualidade muda tudo. Fiz questão de descobrir mais métodos de produção alternativos e continuar encurtando o caminho entre ideias e produtos, com cada vez mais opções no espectro custo-prazo-qualidade.

Depois de Chumby, decidi continuar desempregado, em parte para ter tempo para descobertas. Por exemplo, todo mês de janeiro, em vez de ir ao frenético Consumer Electronics Show (CES) em Las Vegas, aluguei um apartamento barato em Shenzhen e me dediquei ao “estudo monástico da manufatura”; pelo preço de uma noite em Las Vegas, morei em Shenzhen por um mês. Escolhi deliberadamente bairros onde não se falava inglês e me forcei a aprender a língua e os costumes para sobreviver. (Embora eu seja etnicamente chinês, meus pais priorizaram a fluência em inglês sem sotaque em vez de aprender chinês.) Vagueei pelas ruas à noite e observei os becos, tentando entender todas as coisas estranhas e maravilhosas que vi acontecendo durante o dia. Os negócios continuam em Shenzhen até altas horas da madrugada, mas em um ritmo muito mais lento. À noite, pude distinguir agentes solitários agindo de acordo com seus interesses e intenções.

Se há uma coisa que esses estudos me ensinaram é que tenho muito mais a aprender. O ecossistema do Delta do Rio das Pérolas é incompreensivelmente vasto. Tal como acontece com o Grand Canyon, simplesmente percorrer uma trilha da borda até a base não significa que você já viu tudo. No entanto, adquiri conhecimento suficiente para construir um laptop personalizado e desenvolver um novo processo para circuitos eletrônicos de fácil remoção.

Nesta parte do livro, você acompanhará minha jornada à medida que aprendi sobre o ecossistema de Shenzhen ao longo dos anos, por meio de um remix de postagens de blog que escrevi ao longo do caminho. Alguns dos ensaios são reflexões sobre aspectos particulares da cultura chinesa; outros são estudos de caso de práticas de fabricação específicas. Concluo com um capítulo chamado “O chão de fábrica”, um conjunto de recomendações resumidas para qualquer pessoa que considere a fabricação terceirizada. Se estiver com pressa, você pode pular todo o plano de fundo e ir diretamente para lá.

No entanto, a retrospectiva é 20/20. Depois de percorrer um caminho, é fácil apontar os atalhos e perigos ao longo do caminho; é ainda mais fácil esquecer todos os caminhos errados e suposições erradas. Não existe um método único para abordar a China, e a minha esperança é que, ao ler estas histórias, você possa chegar às suas próprias conclusões (talvez diferentes) que melhor atendam às suas necessidades específicas.

1. fabricado na China

Antes da minha primeira visita à China, eu estava convencido de que Akihabara, em Tóquio, era o local certo para encontrar os mais recentes produtos eletrônicos, bugigangas e componentes. Isso mudou em janeiro de 2007, quando vi pela primeira vez o SEG Electronics Market em Shenzhen.

SEG tem oito andares de todos os componentes que um viciado em hardware poderia desejar, e só mais tarde descobri que é apenas a ponta do iceberg do distrito eletrônico de Hua Qiang.

Na época, como engenheiro-chefe de hardware da Chumby, eu estava na China com o então CEO Steve Tomlin para descobrir como fazer chumbys (um dispositivo de entrega de conteúdo de código aberto habilitado para Wi- Fi) de maneira barata e dentro do prazo. Com preços como os da SEG, estávamos definitivamente no país certo para tornar pelo menos a primeira parte dessa missão um sucesso.

O MERCADO DE PULGAS DO COMPONENTE ELETRÔNICO FINAL

Quando entrei pela primeira vez no prédio da SEG, fui assaltado por um turbilhão de componentes eletrônicos: fitas e bobinas de resistores e capacitores, CIs de todos os tipos, indutores, relés, pontos de teste de pogo pin, voltímetros e bandejas de chips de memória. Como um novato na produção em volume, fiquei impressionado com tudo que vi na SEG.

Todas essas peças estavam amontoadas em pequenas cabines de um metro e oitenta por um metro, cada uma com um lojista mexendo em um laptop. Alguns lojistas brincavam*Ir*, e algumas partes contadas. Alguns estandes eram verdadeiras lojas familiares, com mães cuidando de bebês e crianças brincando nos corredores.

Outros estandes eram profissionais com funcionários uniformizados e funcionavam como um bar – completo com bancos – para componentes eletrônicos.

Ninguém na SEG diz: “Oh, você pode obter 10 desses LEDs ou alguns desses relés”, como você pode ouvir em Akihabara. Não não. Esses estandes são especializados e, se você encontrar um componente de que goste, geralmente poderá comprar vários tubos, bandejas ou bobinas; você pode obter o suficiente para entrar em produção no dia seguinte.

Olhando ao redor do mercado, vi uma mulher separando pilhas de cartões mini-SD de 1 GB, como se fossem fichas de pôquer. Um homem estava colocando cartões de memória Kingston de 1 GB em embalagens de varejo e, ao lado dele, uma garota contava resistores.

Outro estande tinha pilhas de fontes de alimentação, varistores, baterias e programadores de ROM, e outro tinha chips de todos os tipos: Atmel, Intel, Broadcom, Samsung, Yamaha, Sony, AMD, Fujitsu e muito mais. Alguns chips foram claramente arrancados de equipamentos usados e marcados, alguns deles em embalagens OEM novas e marcadas a laser.

Vi chips que nunca conseguiria comprar nos Estados Unidos, bobinas de capacitores de cerâmica raros com os quais só sonhava à noite. Meus sentidos formigaram; minha cabeça girou. Não consegui reprimir um sorriso de antecipação ao virar a esquina seguinte e ver lojas empilhadas do chão ao teto com provavelmente 100 milhões de resistores e capacitores.

Elementos de câmera Sony CCD e CMOS! Eu não poderia comprá-los nos Estados Unidos se arrancasse os dentes dos representantes de vendas. (Alguns vendedores até têm as folhas de dados atrás do balcão; sempre pergunte.) Em seguida, localizei uma pilha de chips reguladores Micrel, seguido por um chip Blackfin DSP à venda. Perto dali, uma senhora contou chips DRAM de 256 Mb – bandejas de 108 componentes, empilhadas em 20, talvez em 10 fileiras.

E em frente dela havia mais meia dúzia de lojinhas cheias de salgadinhos iguais aos dela. Em uma loja, um homem estava orgulhoso diante de uma bandeja de chips flash NAND de 4 Gb. Tudo isso estava disponível por um pouco de pechincha, um pouco de dinheiro e uma despedida apressada.

E esses são apenas os dois primeiros andares do SEG. Há mais seis andares de componentes de computador, sistemas, laptops, placas-mãe, câmeras digitais, câmeras de segurança, pen drives, mouses, câmeras de vídeo, placas gráficas de última geração, monitores de tela plana, trituradores, lâmpadas, projetores – você escolhe. Nos fins de semana, “booth babes” vestidas com escandalosos macacões brilhantes da marca Acer ficam por aí, tentando puxar você para comprar seus produtos.

Este mercado tem toda a energia de uma CES e Computex o ano todo, exceto que, em vez de apenas exibir a tecnologia mais recente, o objetivo é levar você a esses estandes para comprar esse hardware. As feiras sempre parecem um strip tease, com sua respiração formando anéis fantasmagóricos no vidro enquanto você paira sobre os produtos inalcançáveis por baixo.

Mas SEG não é um strip tease. É a orgia das compras de eletrônicos industriais e de consumo, onde você pode colocar suas patas sujas em cada peça de equipamento por dinheiro suficiente.*kuai*\* da sua carteira. Entre o cheiro, a agitação e a agitação, o SEG é o melhor mercado de pulgas de componentes eletrônicos. É como se a Digi-Key enlouquecesse e deixasse macacos entrar em seu armazém em Minnesota, e o caos resultante se espalhasse por um mercado de pulgas na China.

É claro que muitas das peças que me maravilharam em 2007 agora são antiguidades. Por exemplo, chips flash de 4 Gb são lixo e discos flash de 1 GB são notícia velha. Na época, porém, essas coisas eram um grande negócio, e o SEG ainda é o melhor lugar para obter a tecnologia mais recente em massa.

A PRÓXIMA REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA

A três quarteirões da SEG ficava a Livraria de Shenzhen.†A primeira e mais visível estante era uma seção de livros estrangeiros, repleta de clássicos como o do professor da Universidade de Stanford, Thomas Lee.*O Projeto de Radiofrequência CMOS Integrada Circuitos*e vários títulos do professor da UCLA Behzad Razavi. Comprei o livro de Lee e custou 68 kuai, ou US$ 8,50. Vaca sagrada! O livro de Jin Au Kong sobre as equações de Maxwell? US$ 5. Jin Au Kong*ensinado*me as equações de Maxwell no MIT.

Saí para uma farra, arrumando minha mochila com seis ou sete títulos, provavelmente cerca de US$ 700 em livros, se eu os tivesse comprado nos Estados Unidos. No caixa, comprei-os por menos de US$ 35, completos com os CDs suplementares, economizando cerca de US$ 665. Isso equivale a comprar uma passagem em classe econômica para Hong Kong!

Na China, o conhecimento é barato. Os componentes são baratos. O conhecimento nos livros da Livraria de Shenzhen era o Real Deal, as peças para usar esse conhecimento estão na SEG, na mesma rua, e a uma hora de carro ao norte há provavelmente 200 fábricas que podem pegar qualquer ideia eletrônica e bombeá-la literalmente. carga de barco. Estas também não são fábricas atrasadas. Com meus próprios olhos, vi transceptores de fibra óptica de marca, de 1.550 nanômetros, monomodo e de longa distância, sendo construídos e testados lá. Shenzhen é um terreno fértil e você precisa vê-lo para entendê-lo.

Shenzhen tem a sensação prenhe dos swapfests de Silicon Valley dos anos 80, quando todas as grandes empresas estavam apenas a ser fundadas e a começar a funcionar, só que ampliadas pelos 25 anos de progresso na lei de Moore e pela velocidade do fluxo de informação através da Internet.

Nesta cidade de 12 milhões de habitantes, a maioria está envolvida com tecnologia ou manufatura, muitos estão aprendendo inglês e todos estão dispostos a trabalhar duro.

Tem que haver Jobs e Wozniak em algum lugar, construindo silenciosamente a próxima revolução. Mas também faço parte de Shenzhen e ainda tremo de terror e entusiasmo com a ideia de fazer parte dessa revolução. Esta é a minha história, começando com aquela viagem reveladora a Shenzhen para Chumby.

Visitando fábricas com Chumby

Em setembro de 2006, Chumby era apenas uma equipe de cerca de meia dúzia de pessoas, e tínhamos acabado de distribuir cerca de 200 protótipos iniciais de dispositivos chumby no FOO Camp, uma conferência organizada por Tim O'Reilly. Os dispositivos foram bem recebidos pelos participantes do FOO Camp, então recebi autorização para construir a cadeia de abastecimento asiática.

Steve e eu fomos à China para visitar possíveis fábricas em novembro, mas antes de partirmos, um fornecedor de confiança nos Estados Unidos ofereceu o melhor preço pelo trabalho como base para negociações com os fabricantes chineses. Depois, ligamos para vários amigos com experiência na China e marcamos cerca de seis visitas à fábrica. Atingimos uma grande variedade de locais, desde fábricas especializadas com apenas 500 pessoas até megafábricas com mais de 40.000 pessoas.

Não há substituto para ir à China visitar uma fábrica. As fotos só podem contar a história enquadrada pelo fotógrafo, e você não consegue ter uma noção da escala e da qualidade de uma instalação sem vê-la em primeira mão. Em geral, as fábricas convidam você para fazer um tour, e eu não trabalharia com uma que não me permitisse visitar. No entanto, a maioria das fábricas aprecia um aviso prévio de uma semana, embora, à medida que seu relacionamento com elas progride, as coisas devam se tornar mais abertas e transparentes.

Falando em abertura, a natureza de código aberto do Chumby ajudou muito no processo de seleção da fábrica. Primeiro, não tínhamos medo de que as pessoas roubassem nosso projeto (já o estávamos distribuindo), por isso eliminamos o atrito dos NDAs (acordos de não divulgação) ao compartilhar informações críticas, como a lista de materiais. Acho que isso nos proporcionou uma recepção melhor junto às fábricas na China; eles pareciam mais dispostos a se abrir conosco porque estávamos dispostos a nos abrir com eles. Em segundo lugar, não havia dúvidas na mente de nenhuma fábrica de que esta era uma situação competitiva. Qualquer um poderia e faria uma cotação e uma oferta em nosso trabalho (na verdade, recebemos algumas cotações não solicitadas que eram bastante competitivas), o que evitou uma rodada de bufadas.

Depois de analisar diversas opções de fabricação, Steve e eu decidimos trabalhar com uma empresa chamada PCH China Solutions. A própria PCH possui apenas algumas instalações, mas possui uma rede abrangente de fornecedores confiáveis e validados, principalmente na China, mas também na Europa e nos Estados Unidos. Não é de surpreender que as fábricas subcontratadas pela PCH sejam algumas das melhores instalações que visitamos na China. Na verdade, a PCH está sediada na Irlanda – portanto, a maioria dos engenheiros de sua equipe são irlandeses – portanto, também não houve barreira linguística para nós. (Os engenheiros da PCH também são trabalhadores, engenhosos e bem treinados – e, como bônus, eles sempre parecem saber o melhor lugar para encontrar uma cerveja, não importa onde estejam. Eu não tinha ideia de que a China tinha tantas torneiras de Guinness!)

Há muito o que aprender quando você visita uma fábrica, quanto mais meia dúzia, e é fácil ficar sobrecarregado e perdido nos caprichos da fabricação de eletrônicos. Mas houve alguns detalhes importantes que achei mais fascinantes durante minhas visitas à fábrica do Chumby e no trabalho com a PCH para dar vida ao chumby.

###### escala em shenzhen

Uma coisa impressionante sobre trabalhar na China é a escala do lugar. Não estive em uma fábrica de automóveis em Michigan ou na fábrica da Boeing em Seattle, mas tenho a sensação de que Shenzhen dá a ambos uma corrida pelo seu dinheiro em termos de escala. Em 2007, Shenzhen tinha 9 milhões de habitantes.

Para se ter uma ideia da escala de uma fábrica em Shenzhen, a fábrica da New Balance empregava 40 mil pessoas e tinha capacidade para produzir mais de um milhão de sapatos por mês. Estimo que do tecido bruto ao sapato acabado o processo demorou cerca de 50 minutos e cada pacote de plástico e tecido perfeitamente costurado o couro foi costurado à mão em uma máquina de costura industrial. As estações são projetadas de forma que cada etapa do processo leve cerca de 30 segundos para o trabalhador.

É claro que a fábrica da New Balance é ofuscada pela Foxconn, a fábrica onde os iPods e iPhones são fabricados.

A Foxconn é uma instalação enorme, aparentemente com mais de 250 mil funcionários, e tem seu próprio status especial de livre comércio. Toda a instalação está isolada e ouvi dizer que você precisa mostrar seu passaporte e passar pela alfândega para entrar nas instalações. Isso fica um pouco aquém dos cães robóticos movidos a energia nuclear das franquias de corporações nacionais de Neal Stephenson.*Queda de neve*.

###### alimentando a fábrica

Há um velho ditado chinês:*min yi shi wei tian*. Uma tradução literal seria “as pessoas consideram a comida divina” ou “para as pessoas, a comida está próxima do céu”. Você também pode encarar isso como um conselho governamental: “o mandato do governo [sinônimo com o céu] é tão robusto quanto a comida nos pratos das pessoas.” Ou você pode interpretar isso como uma desculpa para procrastinar: “vamos comer primeiro [já que é tão importante quanto o céu]”.

Seja como for, acho que o ditado ainda vale na China. Uma métrica importante para avaliar o quão bem uma fábrica trata os seus funcionários é a qualidade da comida, já que é comum que os trabalhadores da fábrica sejam alojados, alimentados e cuidados no local.

A comida é realmente muito boa em algumas fábricas. Por exemplo, ao comer com os trabalhadores da fábrica que fabricava placas de circuito rechonchudas, serviram-me uma mistura de peixe cozido no vapor, carne de porco grelhada, rolinhos de ovo, vegetais fritos limpos e uma combinação de legumes e carne em conserva. Arroz, sopa e maçãs também foram fornecidos em quantidades “sirva-se”.

Cada instalação que visitei também tinha utensílios e pratos separados para os hóspedes. Em uma fábrica, minha comida era servida em um prato de isopor com pauzinhos descartáveis, enquanto um operário com quem comia era servido em um prato de aço com pauzinhos de aço. Eu não tinha passado no exame físico da fábrica, então eles deram me utensílios alimentares descartáveis para evitar que eu contamine a fábrica com possíveis doenças estranhas.

Voltando à escala, algumas operações industriais de alimentos são impressionantemente grandes. Ouvi dizer que os trabalhadores da Foxconn consomem 3.000 porcos por dia. De porcos a iPhones, tudo acontece aqui mesmo em Shenzhen!

#### dedicação à Qualidade

Depois que comecei a trabalhar com a PCH na fabricação do Chumby, me deparei com uma situação por volta de junho de 2007 que me mostrou o quão dedicados os trabalhadores da fábrica em Shenzhen eram em conseguir seus empregos da maneira certa.

Eu atualizei a placa-mãe rechonchuda para incluir um microfone de eletreto, com um transistor de efeito de campo (FET) de pré- amplificador integrado. O microfone precisava ser inserido na orientação correta em relação ao circuito para que o FET recebesse uma corrente de polarização adequada.

As primeiras amostras que recebi da fábrica da PCH tinham o microfone virado ao contrário e liguei para a fábrica para pedir que invertessem a polaridade. Eu iria visitar a fábrica na semana seguinte e queria ver amostras corrigidas. Quando cheguei e testei o microfone, descobri, para minha consternação, que os microfones estavam*ainda*não está funcionando.

Como poderia ser? Existem apenas duas maneiras de conectar um microfone.

Acontece que havia dois operadores na linha montando o microfone. Um deles soldou os fios vermelho e preto ao microfone. O próximo soldou esses fios vermelho e preto na placa de circuito. Os operadores foram instruídos a inverter a ordem e ambos obedeceram obedientemente – dando-me um microfone que ainda estava soldado ao contrário, mas com a cor dos fios trocada. (Esta é na verdade uma história bastante típica dos problemas na China.)

A fábrica estava programada para fabricar um primeiro teste piloto de 450 placas de circuito no dia seguinte. Tudo tinha que correr perfeitamente para que o cronograma de produção de Chumby permanecesse dentro do cronograma. Reconstruímos os estênceis de soldagem (estávamos depurando um problema de rendimento com o CODEC de áudio embalado QFN também) e os preparamos por volta do meio-dia e por volta das 6PM, tive as primeiras pranchas em mãos para testar. Executei o teste final de fábrica e o dispositivo falhou novamente – no microfone. Este não foi um momento feliz para ninguém na fábrica, pois a fábrica era responsável por quaisquer defeitos de fabricação.

##### Vesti meu avental e marchei até a linha para começar adepurar o problema.

Durante o resto da noite, permaneci na fábrica, assim como todos os gerentes e técnicos envolvidos na fabricação do chumby. A pressão era enorme: bem ao nosso lado havia uma linha produzindo 450 placas de circuito potencialmente defeituosas, e eu não estava disposto a desligar a tomada porque ainda não sabia qual era a causa raiz e tínhamos que cumprir o cronograma.

Eu literalmente tive um painel de trabalhadores da fábrica esperando a noite toda para me trazer tudo o que eu precisava: ferros de soldar, equipamentos de teste, mais placas, máquinas de raios X, microscópios. Notavelmente, nem uma única pessoa hesitou; nem uma única pessoa reclamou; nem uma única pessoa perdeu o foco no problema. As pessoas cancelaram planos de jantar com amigos sem pestanejar. Qualquer pessoa que não fosse necessária num determinado momento estava ocupada supervisionando outros aspectos do projeto. Eu não via uma dedicação cega como essa desde que trabalhei com a equipe autônoma de robótica subaquática do MIT.

##### E isso continuou até as 3sou.

Constrangedoramente, no final das contas o problema não foi culpa da PCH. O problema foi a nova versão do firmware que recebi naquele dia da equipe dos Estados Unidos. Ele tinha um bug que desativou o microfone devido a um hack que foi acidentalmente verificado na árvore de construção.

Ainda mais impressionante é que quando a PCH descobriu, ninguém ficou zangado e ninguém reclamou. (Bem, a vendedora me incomodou, mas eu mereci; ela teve a gentileza de me acompanhar na linha de produção a noite toda e ser minha tradutora, já que meu mandarim não estava à altura.) Eles eram simplesmente aliviado por não ter sido culpa deles.

Todos nós nos separamos e voltei para a fábrica no dia seguinte às 11h.sou,depois de uma boa noite de sono. Encontrei Christy, gerente de projeto da fábrica para a fabricação das placas carnudas. Perguntei quando ela chegou ao trabalho e ela me disse que sempre tem que se apresentar até as 8h.sou. Comecei a me sentir muito mal; Christy ficou acordada até tarde por causa do nosso vírus e chegou cedo enquanto eu dormia. Perguntei por que ela ficou acordada até tão tarde, embora soubesse que teria que se apresentar ao trabalho às 8 horas.sou. Ela poderia ter ido para casa e poderíamos ter continuado no dia seguinte.

Ela apenas sorriu e disse: “É meu trabalho garantir que isso seja feito e quero fazer um bom trabalho”.

#### construindo tecnologia sem usá-la

Aqui está outra história interessante. Um dia, ao sairmos da fábrica, Xiao Li (o gerente de garantia de qualidade da fábrica onde produzimos o chumby) me perguntou: “O que um chumby faz?” Eu não falava muito bem chinês e ela também não falava muito bem inglês, então decidi começar com algumas perguntas básicas.

Perguntei se ela sabia o que era a World Wide Web. Ela disse não.

Perguntei se ela sabia o que era internet. Ela disse não.

Fiquei atordoado e não sabia o que dizer. Como você descreve a cor azul para os cegos?

Xiao Li era especialista em construção e teste de computadores. Em alguns projetos, ela provavelmente construiu PCs e inicializou o Windows XP centenas de milhares de vezes. (Deus sabe Eu ouvi aquele maldito som de inicialização um zilhão de vezes durante o incidente do microfone, pois havia um banco de estações de teste finais para placas-mãe ASUS bem ao meu lado.) Mas ela não sabia o que era internet.

Eu presumi que se você tocasse em um computador, também seria abençoado pelas graças da Internet. De repente, me senti um esnobe mimado e um porco por esquecer que Xiao Li provavelmente não teria dinheiro para comprar um computador, muito menos acesso à Internet banda larga. Se tivesse oportunidade, ela certamente era esperta o suficiente para aprender tudo, mas estava ocupada demais ganhando dinheiro que provavelmente mandava para casa, para sua família.

##### No final, o melhor que pude fazer foi dizer a Xiao Li que o gordinho era um aparelho para jogar.

**trabalhadores qualificados**

Os trabalhadores de Shenzhen podem não saber muito sobre tudo o que fazem, mas, além da dedicação, são altamente qualificados. Certa vez, observei um cara trabalhando na mesma fábrica que costurava as sacolas rechonchudas e, juro, ele conseguia costurar estojos de cosméticos a uma velocidade de 5 segundos por sacola. E ele não estava nem 100% focado em sua tarefa; ele estava ouvindo seu iPod enquanto costurava.

E, aparentemente, ele não era o funcionário mais rápido! Eles tinham alguém duas vezes mais rápido, e ele estava na empresa há cerca de sete anos. Fui observar o trabalhador mais rápido, mas ele já tinha ido almoçar porque tinha terminado tudo; havia duas caixas enormes de estojos de cosméticos prontos ao lado de sua estação de trabalho.

Da mesma forma, fiquei surpreso ao saber como as etiquetas emborrachadas (aquelas que você vê em todas as roupas) são feitas na China. Sempre pensei que fossem pressionados por uma máquina, mas me enganei. Todas essas palavras, cores e letras são desenhadas à mão. Alguém simplesmente coloca um estêncil de logotipo sobre a etiqueta em branco, pinta sobre o estêncil com incrível precisão e passa para a próxima etiqueta da fila. Quando há várias cores, há uma pessoa para cada cor, para agilizar o processo.

Perguntei à PCH se eles tinham alguma fábrica mecanizada para coisas assim. Eles me disseram que as instalações existem, mas a quantidade mínima de pedido é enorme (centenas de milhares, às vezes milhões) devido ao custo extraordinariamente baixo do produto e ao custo relativamente alto das ferramentas para o processo automatizado. Isso é consistente com o que ouvi sobre os brinquedos do McLanche Feliz do McDonald's. Eles geralmente são presos com parafusos porque é mais barato pagar alguém para aparafusar um brinquedo durante toda a produção do que fazer uma ferramenta de moldagem por injeção de aço com as tolerâncias necessárias para encaixar os brinquedos.\*

Houve uma compensação semelhante dentro do hardware pesado.

Havia quatro conectores nos componentes eletrônicos internos. Usando os fornecedores sediados nos EUA que pude encontrar, um conector tinha um melhor preço de cerca de US$ 1,00 e os outros três tinham um melhor preço de cerca de US$ 0,40 cada. A talentosa especialista em sourcing da PCH (sua reputação era temida e respeitada por todos os fornecedores) conseguiu encontrar conectores que custavam US$ 0,10 e US$ 0,06, respectivamente, economizando quase US$ 2 em custos. Há um problema: os conectores não tinham a almofada de plástico de sacrifício que permitiria que fossem montados à máquina.

##### A solução? Uma pessoa, é claro.

#### A necessidade de artesãos

Gostaria de apresentar-lhe um homem que conheço simplesmente como Mestre Chao. Eu o conheci durante o processo de fabricação do Chumby e tenho certeza de que em sua vida você usou ou viu algo que ele criou.

Quando fui à sala de amostras da fábrica onde o Mestre Chao trabalhava, fiquei chocado com a quantidade de itens em suas prateleiras que eu mesmo havia comprado, usado ou visto em uma loja nos Estados Unidos. Marcas de consumo de primeira linha fabricam seus produtos nesta fábrica e, até onde sei, a fábrica tinha apenas um mestre modelista na época: Mestre Chao. Ele participou da criação de bolsas de cosméticos para a Braun, estojos de acessórios para a Microsoft e aparelhos médicos para grandes marcas vendidos em drogarias, entre muitos outros produtos.

Mestre Chao é um artesão no sentido tradicional. Antigamente os melhores móveis eram projetados e construídos apenas com a intuição e habilidade de um mestre artesão. Agora, todos nós vamos à IKEA e obtemos kits de móveis projetados em CAD, gerenciados pela cadeia de suprimentos e montados em livros ilustrados - e, apesar de tudo isso, não parece tão ruim. Como resultado, a palavra*arte*foi relegado para descrever algum kit de álbum de recortes ou bordado que você compra na Michaels e monta em um fim de semana tranquilo. Esquecemos que numa época anterior às máquinas, o “artesanal” era a única forma de construir qualquer coisa de qualquer qualidade.

Acontece, no entanto, que o artesanato tradicional ainda é importante, porque as ferramentas CAD não trouxeram a capacidade de simular os nossos erros antes de cometê-los.

A criação de um*padrão plano*para produtos têxteis é um bom exemplo de processo que requer um artesão. Um padrão plano é o conjunto de formas 2D usadas para orientar o corte de tecidos. Essas formas são cortadas, dobradas e costuradas em um formato 3D complexo forma. Mapear a projeção de uma forma 3D arbitrária em uma superfície 2D com área de desperdício mínima entre as peças já é bastante difícil. O fato de o material esticar e distorcer, às vezes em direções diferentes, e de a costura exigir amplas tolerâncias para bons rendimentos, torna a criação de padrões um problema difícil de automatizar.

As capas grossas acrescentavam outro nível de complexidade, porque envolviam costurar um pedaço de couro em uma moldura de plástico macio. Nessa situação, conforme você costura o couro, a moldura se distorce levemente e estica o couro, criando um viés de costura que depende da direção e da velocidade da costura. Essa força é capturada nas costuras e contribui para o formato final da caixa. Eu desafio alguém a criar uma ferramenta de simulação computacional que possa capturar com precisão essas forças e prever como um produto como esse ficará quando costurado.

No entanto, de alguma forma, a proficiência do Mestre Chao na arte da criação de padrões permitiu-lhe criar e ajustar muito rapidamente, e em muito poucas iterações, um padrão que compensasse todas essas forças. Seus resultados, todos obtidos com papelão, tesoura e lápis, foram surpreendentemente inteligentes e perspicazes. Seja grato por suas habilidades no velho mundo; eles provavelmente desempenharam um papel na produção de algo que você usou ou do qual se beneficiou.

automação para montagem de eletrônicos

Antes de trabalhar na Chumby, eu pensava que quase tudo era feito por uma máquina. É claro que as visitas às fábricas têxteis corrigiram minha impressão muito rapidamente; no entanto, coisas de alta tecnologia, como a montagem de eletrônicos, ainda tendem a ser altamente automatizadas, mesmo na China. As únicas exceções que vi durante minhas visitas às fábricas foram, ironicamente, os produtos de menor custo, como brinquedos. Essas oficinas ainda eram dominadas por filas de trabalhadores, enchendo e soldando placas de circuito manualmente.

Uma dicotomia interessante relacionada à automação é a distribuição bimodal de produtos que utilizam*chip-on-board (CoB)* tecnologia. A montagem CoB liga diretamente uma matriz de silício a um PCB. Os conjuntos CoB acabados têm a aparência distinta de “globa de epóxi”, em oposição à aparência de embalagem plástica acabada.

Conjuntos eletrônicos densos e de alta tecnologia geralmente empregam tecnologias CoB. Eu fiz alguns projetos CoB para alguns transceptores ópticos de 10 Gb na minha época e eles não eram baratos.

Ao mesmo tempo, porém, quase todos os brinquedos utilizam a tecnologia CoB, para eliminar o custo do pacote IC! É uma prova da tenacidade das fábricas de brinquedos em relação à redução de custos o fato de elas comprarem um prendedor de arame automatizado e colá-lo ao lado de linhas moldando cabeças de bonecas e costurando bichinhos de pelúcia, porque ter um prendedor de arame interno economiza um centavo.

Um bonder de fio típico une um fio tão fino quanto um fio de cabelo humano a um local em um chip de silício não muito maior que o diâmetro do fio, e faz isso várias vezes por segundo. Os bonders de fio são equipamentos muito rápidos e precisos. A ligação acontece tão rapidamente que a placa parece girar suavemente, mas na verdade ela para 16 vezes enquanto gira e, em cada parada, um fio é ligado entre o chip e a placa.

Imediatamente antes da colagem, entretanto, o chip é colado com muito cuidado à placa, à mão, e imediatamente após a colagem, o chip é encapsulado por um operador humano, distribuindo epóxi com muito cuidado à mão. Isso significa que o wire bonder é o único equipamento automatizado em linhas de montagem de brinquedos simples. Ver esse processo me deu uma nova apreciação do que acontece naqueles bonecos falantes do Barney, vendidos por US$ 10 na Target.

O robusto processo de fabricação também usou um pouco de automação, cortesia de um atirador de chips. Os atiradores de chips (bem como as máquinas pick-and-place) colocam componentes de montagem em superfície em PCBs para que os componentes possam ser soldados.

É absolutamente fascinante ver um atirador de chips em ação. Os disparadores de chips da rechonchuda fábrica de montagem de PCB eram capazes de colocar de 10.000 a 20.000 componentes por hora, por máquina. Isso significa que cada máquina pode colocar de 3 a 6 componentes por segundo. Os conjuntos robóticos se movem mais rápido do que a vista consegue ver, e tudo se transforma em um borrão inspirador. O atirador de chips que vi na fábrica de chumby funcionava como uma metralhadora Gatling: a pistola de chips em si estava consertada e a prancha dançava sob a arma. O atirador de chips realmente “olhou” cada componente e girou-o para a orientação correta antes de colocá-lo na placa.

A fábrica que usamos para a montagem de PCB do Chumby também produzia placas-mãe de PC de marca e parecia não ter problemas em produzir mais de 10.000 dessas montagens complexas por dia. Mas mesmo que processos como a colocação de componentes possam ser automatizados, há algumas coisas que uma máquina simplesmente não consegue fazer.

#### Precisão, moldagem por injeção e paciência

No curso de engenharia do chumby, também tive que aprender sobre moldagem por injeção, porque a placa de circuito tinha que ficar dentro de algum tipo de caixa. Para um cara de eletrônica com pouca experiência em mecânica, essa não era uma colina pequena para escalar. O conceito parece simples: você faz uma cavidade de aço, empurra plástico derretido nela em alta pressão, deixa esfriar e voilàa peça acabada sai, assim como os moldes Play-Doh da escola primária.

##### Ah, se o processo fosse tão simples.

Claro, o plástico flui, mas não é particularmente líquido. Ele se move lentamente e esfria à medida que flui. A cor do plástico é impactada pelas mudanças de temperatura e, ao usar um molde mal projetado, é possível até ver linhas de fluxo e linhas de malha no produto final. Há também uma grande variedade de questões sobre como a peça acabada é retirada do molde, como o molde é feito e acabado, onde estão as portas e os corredores para colocar o plástico dentro do molde e assim por diante.

Felizmente, a PCH tinha especialistas na China que sabiam tudo sobre isso, e aprendi principalmente observando.

Se eu fosse resumir a moldagem por injeção com um único adjetivo, seria*precisão*. Quando bem feitos, os moldes são precisos até melhores do que as tolerâncias da espessura de um fio de cabelo, mas são feitos de aço duro. Alcançar esse nível de precisão com um material tão durável não é tarefa fácil, e é impressionante ver uma máquina cortar um molde de aço bruto.

A máquina que cortava os moldes para a caixa rechonchuda tinha uma plataforma móvel que empurrava rapidamente um bloco de aço que provavelmente pesava várias centenas de quilos; ele fresou o metal com bastante pressa!

Mas a usinagem é apenas a etapa mais difícil na fabricação de moldes. Após o corte do formato grosseiro, o molde é colocado em uma *máquina de descarga elétrica (EDM)*, onde uma explosão de elétrons arranca pedaços microscópicos da superfície do aço. Este é um processo terrivelmente tedioso: já vi muitos EDMs fazerem seu trabalho e é como ver a tinta secar. Os EDMs são, no entanto, extremamente precisos e produzem resultados espetaculares e repetíveis.

Do ponto de vista do gerenciamento de projetos, os prazos de entrega fenomenalmente longos de plásticos moldados por injeção de qualidade de produção foram o que mais me chamou a atenção. Ao todo, o molde rechonchudo se transformou de um bloco de aço bruto em uma ferramenta de primeira utilização em quatro a seis semanas, e eu tive que ir à China e ver a oficina de ferramentas fazer seu trabalho antes de me convencer de que não havia nada bruto. quantidade de preenchimento do cronograma.

Ainda mais angustiante do ponto de vista da gestão de riscos foi a

falta de boas ferramentas de simulação para prever como os plásticos fluiriam através de um molde. Se víssemos manchas visíveis, como linhas de fluxo e linhas de tricô, teríamos que esperar de quatro a seis semanas para ver se o novo molde era melhor. Ai!

Felizmente, os fabricantes de ferramentas que Chumby usou na China anteciparam esses problemas e fizeram as ferramentas errarem devido ao excesso de aço, porque remover material para resolver um problema é muito mais fácil do que adicionar material. É como diz o velho carpinteiro: meça duas vezes, corte uma vez, e se tiver que cortar errado, corte comprido.

O molde usado para criar a moldura traseira do chumby era extremamente complexo, pois envolvia um processo chamado *sobremoldagem*. Se acontecer de você possuir um clássico gordinho, olhe para o verso. Há um TPE emborrachado ao redor da moldura ABS rígida. Muitas pessoas presumiram que se tratava de um elástico colado. Na verdade, o TPE é moldado na parte traseira. Isso requer um molde de duas doses.

*O molde final para a moldura traseira do gordinho, dentro de uma injetora.*

##### Na verdade, havia dois moldes e um lado do molde girado para que os sistemas de materiais alternados pudessem ser moldados nos pontos certos do processo.

Muito trabalho duro é dedicado às humildes peças de plástico que você vê todos os dias, e tudo isso faz parte da criação de produtos de qualidade. Mas, ao mesmo tempo, há também uma necessidade muito real de satisfazer a expectativa de preços baratos.

#### O Desafio da Qualidade

Claramente, com a expectativa de baixo custo dos produtos fabricados na China surge um grande desafio na gestão da qualidade. Observe a cobertura da mídia sobre tópicos como tinta com chumbo em brinquedos, produtos químicos industriais em alimentos e outros itens fabricados na China, e você poderá ver algumas das más decisões tomadas para manter os preços baixos.

Ao considerar casos como esse, acho importante aplicar a

navalha de Hanlon. Parafraseando: “Nunca atribua à malícia aquilo que pode ser adequadamente explicado pela ignorância”.

Os britânicos também têm uma versão agradável e enérgica do aforismo: “Golpe antes da conspiração”.

Alguns fabricantes estão realmente lá para ganhar dinheiro a qualquer custo, mas acho que a maioria dos erros é cometida por ignorância. A maioria das pessoas comuns nas fábricas não sabe para que serve o seu produto e, sob intensa pressão para reduzir custos, tomam essas decisões erradas. As fábricas também precisam lidar com produtos lamentavelmente subespecificados, bem como com clientes que as sobrecarregam com todos os tipos de requisitos frívolos – e a maioria dos clientes não faz o acompanhamento em nenhum dos casos. No final, as fábricas jogam o jogo de “enviar e descobrir” e, se o cliente não notar uma especificação faltando, então a especificação não deve ter sido importante. Não é um grande jogo e significa que os clientes precisam estar sempre atentos às auditorias e manter o padrão de qualidade elevado.

A DIFERENÇA ENTRE AMERICA E CHINA

Um problema fundamental por detrás deste jogo é que muitos residentes chineses não compreendem ou apreciam coisas básicas que consideramos certas na América, e vice-versa. Muitos operários chineses são bem educados, mas não cresceram numa “cultura de gadgets” como a que temos nos Estados Unidos, por isso não se pode presumir nada sobre a sua capacidade de interpretar subjectivamente as especificações de um produto.

Por exemplo, você pode dizer a um engenheiro dos EUA: “Gostaria de ter um botão nesse painel” e provavelmente obterá algo muito próximo do que espera em termos de aparência, já que você e o engenheiro compartilham experiências comuns. e expectativas para um botão em um painel. Se você fizesse o mesmo na China, provavelmente obteria algo que parece um pouco estranho e desajeitado, mas é muito barato e muito fácil de construir e testar. Embora as últimas propriedades sejam desejáveis por razões práticas, os conhecedores de gadgets americanos simplesmente não comprarão algo que seja esteticamente estranho ou que pareça desajeitado.

No entanto, em última análise, são esses consumidores que querem – ou melhor, exigem – bens de baixo preço, e essa necessidade impulsiona a decisão de fabricar na China. O problema é que, além do rótulo do produto que diz “Made in China” ou “Made in USA”, os consumidores realmente não se importam com o processo de fabricação. Que margem você pagaria por um gadget que dizia “Fabricado nos EUA”? O custo adicional da mão-de-obra nos EUA é 10 vezes superior ao da China. Pense nisso: será que o operário fabril médio dos EUA pode ser 10 vezes mais produtivo do que o operário fabril médio da China? É um multiplicador difícil de jogar.

Não estou dizendo que não há valor nos fornecedores nacionais: seria muito menos esforço e menos risco para mim conseguir que as coisas fossem feitas nos Estados Unidos. Na verdade, a maioria dos primeiros protótipos são feitos lá devido ao enorme valor que os fornecedores nacionais podem agregar. No entanto, o preço simplesmente não funciona para um produto de mercado de massa. Ninguém iria comprá-lo, porque seu preço não justificaria seu conjunto de recursos. Alguém poderia até me acusar de ser preguiçoso se eu simplesmente ficasse com um fornecedor nacional e repassasse o custo mais alto para os clientes.

ESTAR ENVOLVIDO NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

No final das contas, fabricar na China é a melhor maneira de manter os custos baixos e, para manter a qualidade, não há substituto para ir à China e envolver-se diretamente. Quase todas as fábricas “limparão” no dia da sua visita, mas com um olhar atento e as perguntas certas, você poderá ver através de quaisquer folheados rápidos colocados no lugar.

Quando avaliei as fábricas da Chumby, sempre visitei a sala de controle de qualidade (CQ). Eu esperava ver fileiras de fichários bem conservados e gastos com documentação de projeto e padrões de controle de qualidade, bem como*amostras de ouro*, que são amostras de pré-produção de um produto. Eu exigiria ver o conteúdo de uma pasta aleatória e a amostra dourada associada a ela, e verificar se os funcionários sabiam o que estava acontecendo na pasta. (Algumas fábricas enchem os aglutinantes de produtos com dados aleatórios.) Também considerei investimentos pesados em equipamentos um bom sinal: todos os melhores fabricantes que visitei tinham algumas salas com equipamentos sofisticados para testes de limite térmico, mecânico e elétrico e, claro, os operadores estavam na sala realmente usando o equipamento. (Eu definitivamente poderia imaginar um fabricante chinês comprando uma sala de equipamentos apenas para exibição.)

Mas suspeito que os fabricantes de brinquedos e de alimentos não enviam técnicos como eu para fábricas na China para supervisionar as coisas regularmente. Compare isso com a Apple, que envia regularmente um quadro de engenheiros para trabalhar em turnos intensos de duas semanas (ou mais) nas fábricas (geralmente a Foxconn, carinhosamente apelidada de “Mordor” por alguns na Apple). Como resultado, encontrei muitos engenheiros da Apple nos bares de expatriados em Shenzhen.

O fato de a PCH China Solutions oferecer gerenciamento e controle de qualidade no estilo ocidental no local na China foi importante para nós da Chumby. Se tivéssemos um problema com um fornecedor, a PCH mandava alguém imediatamente para a fábrica para ver o que estava acontecendo – sem etiqueta telefônica, sem obstrução da FedEx. E os proprietários de fábricas na China tendem a ser muito receptivos quando você aparece à sua porta.

Assim, a abordagem de Chumby ao enigma da qualidade era holística. Começamos por ter um engenheiro (eu) na fábrica quase no primeiro dia para avaliar a situação. É importante saber o que a fábrica pode ou não fazer. Observei o que estava sendo construído na linha e quais técnicas foram usadas. Então, quando chegou a hora de projetar o produto, tentei usar os processos e técnicas que fossem mais confortáveis para a fábrica. Quando tive que fazer algo novo (e qualquer produto bom e inovador precisará fazê-lo), escolhi minhas batalhas e me concentrei nelas, porque qualquer coisa nova seria um desafio de várias semanas para acertar. Esta estratégia aplica-se até aos mais pequenos detalhes: se a fábrica embala os produtos em plástico e você.

Se você deseja embrulhar seu produto em papel, planeje se concentrar fortemente no desenvolvimento do processo de embrulho em papel, porque é bem possível que nenhum dos trabalhadores da linha de sua fábrica tenha visto um produto embrulhado em papel antes.

Claro que na hora de desenvolver um novo processo para o gordinho eu preferia estar na fábrica, e ainda faço. Não há nada como ficar na fila e mostrar aos trabalhadores que construirão seu dispositivo como ele deve ser feito. Por exemplo, treinei pessoalmente os operários da linha de montagem sobre como prender um pedaço de fita de cobre ao conjunto do LCD para formar uma proteção EMI adequada.

É difícil descrever a complexidade de como dobrar a fita em uma peça complexa de chapa metálica para garantir que ela faça um bom contato elétrico com as superfícies de aterramento sem correr o risco de curto-circuito em outros componentes. Sutilezas como o fato de o adesivo de um lado ser um isolante ruim também exigem um conhecimento básico de física que os trabalhadores da linha simplesmente não possuem. Pior ainda, explicar esses conceitos requer palavras técnicas que o seu tradutor talvez nem conheça.

No meu caso, mesmo um bom desenho 3D ou fotografia da montagem finalizada não conseguiria transmitir todo o conceito, porque a rigidez da fita exigia um movimento específico para dobrar sem rasgar. Descrever o processo remotamente, aprovar amostras por meio de fotografias e, por fim, aprovar uma unidade entregue via FedEx pode levar algumas semanas, mas ficar na frente de um grupo de trabalhadores e demonstrar o processo em primeira mão levou apenas alguns minutos. E apesar da barreira linguística, pude perceber pelas suas expressões faciais e linguagem corporal se eles compreenderam a importância de um determinado passo. Dadas essas dicas, revisei imediatamente processos que eram ambíguos ou difíceis de dominar.

Normalmente, quando você consegue demonstrar um processo com esse nível de detalhe e intimidade, os funcionários acertarão horas, em vez de semanas. Esta é parte da razão pela qual passei tanto tempo na China durante o desenvolvimento do processo de fabricação do Chumby.

*Todos estavam envolvidos no processo de qualidade. Esta foto mostra o CEO Steve Tomlin (extrema esquerda) e a diretora artística Susan Kare (meio) na fábrica de costura, trabalhando nos detalhes da serigrafia do logotipo.*

TESTE REMOTO CASEIRO

Porém, nem sempre foi possível para Chumby enviar alguém para a China. Eu, por exemplo, preferia não morar na China, então na Chumby confiamos muito na PCH para monitorar a qualidade e garantir que tudo corresse bem, e eles fizeram um excelente trabalho.

Muitas vezes, trabalhar à distância significava que novos

processos demoravam semanas para serem implementados se eu não estivesse lá para ajustar e aprovar no local, porque cada ajuste envolvia o envio de algo quase de ida e volta pela FedEx. Depois de passar por esse processo algumas vezes, aprendi a alocar duas semanas para cada ajuste, em vez das poucas horas que levava quando eu estava no chão de fábrica.

Dada a dificuldade de supervisionar as operações na China a partir dos Estados Unidos, o monitoramento eletrônico remoto dos resultados dos testes dos produtos foi essencial. Para os gordinhos, desenvolvi um conjunto de testadores que programavam, personalizavam, inicializavam, verificavam e mediam cada dispositivo fora da linha de montagem. Todos os dados do processo de teste foram registrados em um log e, no final do dia, o log foi transferido para um servidor nos Estados Unidos.

Esses dados me permitiram depurar uma infinidade de problemas existentes. Eu poderia dizer se um operador de um testador específico estava tendo problemas com seu leitor de código de barras. Também soube imediatamente se havia algum problema de rendimento naquele dia ou se o rendimento estava mais lento do que o esperado. Foi muito poderoso ter esse recurso de auditoria desenvolvido internamente, porque a fábrica sabia que eu os estava observando. Na verdade, ter essa capacidade implementada pode fazer com que o relacionamento com a fábrica funcione melhor: a fábrica arca com o custo dos problemas de rendimento (pelo menos inicialmente), então eles apreciam quando o engenheiro de projeto pode oferecer conselhos e ajuda convenientes antes que qualquer problema surja. fora de controle.

TESTES DE FÁBRICA ADICIONAIS

Depois de concluir a configuração do processo de teste, ele poderá ser executado de forma autônoma na fábrica. Por exemplo, na fábrica de placas de circuito impresso do Chumby, a primeira passagem da inspeção final foi feita manualmente, uma pessoa examinou cada placa de circuito e, em seguida, com a ajuda de um modelo de papelão, outro operador garantiu que nenhum componente estava faltando. As unidades então passaram para testes automatizados.

Periodicamente, tanto a PCH quanto a fábrica também realizavam testes de Restrição de Substâncias Perigosas (RoHS) em unidades pesadas para garantir que não houvesse contaminação com um conjunto específico de produtos químicos potencialmente nocivos, incluindo chumbo. RoHS é uma norma de segurança química perigosa exigida na Europa, mas, ironicamente, não nos Estados Unidos. As fábricas realizam rotineiramente este teste em todos os produtos, mesmo aqueles que são enviados apenas para os Estados Unidos, porque a contaminação latente na linha pode impedir que outros produtos fabricados na mesma linha sejam enviados para a Europa.

Mesmo depois de todos esses testes, nos Estados Unidos, Chumby continuou a amostrar unidades para fins de controle de qualidade. Para tanto, encomendamos, caracterizamos e dissecamos regularmente dispositivos para garantir que todos os procedimentos operacionais estavam sendo seguidos.

MI STAKES ST I LL HA PPEN

Apesar de tais salvaguardas, alguns erros serão cometidos em qualquer produto. Cada produto passa por uma fase em que os bugs que não foram detectados pelo controle de qualidade interno são eliminados. Você tem que contar com uma equipe de atendimento e suporte de primeira linha e planejar ser muito ágil e inovador nesta fase para resolver os problemas e evitar que eles aconteçam novamente.

Quando eu estava na Chumby, se eu ouvisse falar de uma unidade com problemas de hardware, eu ligava para o cliente que relatava o problema. Eu queria saber o que deu errado para poder resolver o problema e ter certeza de que isso nunca mais aconteceria com ninguém!

Minha maior esperança com o chumby, no entanto, era evitar o que aconteceu com a Microsoft e o “anel vermelho da morte” do Xbox 360, onde os consoles sofreriam uma grande falha de hardware, parariam de funcionar e apenas exibiriam uma luz vermelha ao redor do botão liga / desliga. causando enorme frustração aos jogadores. Esse problema só apareceu depois que o Xbox 360 já estava no mercado há anos, depois que milhões de unidades foram vendidas. Situações como o anel vermelho da morte são o pior pesadelo de um engenheiro de produto.

Então veja bem, levar o chumby (ou qualquer produto) ao ponto em que ele possa ser enviado aos consumidores é apenas o começo. O verdadeiro desafio começa depois.

Se você se encontrar neste ponto do processo de fabricação, desejo-lhe boa sorte!

**ENCERRANDO PENSAMENTOS**

As histórias contadas aqui compartilham algumas de minhas aventuras – e fracassos – aprendendo como construir produtos em volume. Os próximos dois capítulos são mais reflexivos e menos narrativos. O próximo capítulo nos leva a um tour virtual por três fábricas para ver o que podemos aprender com elas, e o Capítulo 3 tenta resumir todas as lições que aprendi sobre manufatura até agora.