



## **Uma Rede Metropolitana para Belém do Pará**

### **Estudo de viabilidade**

Michael Stanton [michael@rnp.br](mailto:michael@rnp.br)

Diretor de Inovação, RNP

Antônio Abelém [abelem@ufpa.br](mailto:abelem@ufpa.br)

Departamento de Informática, UFPA

Abril de 2004

O presente documento descreve um estudo realizado de uma solução em forma de uma rede metropolitana própria, baseada em tecnologias de rádio e de transmissão óptica, para os problemas de integração de campi separados e conexão ao PoP-PA da RNP de instituições de ensino superior e pesquisa na região metropolitana de Belém, PA. A maior parte das informações apresentadas aqui foi colhida durante visita do primeiro autor a Belém entre 21 e 24/03/2004.

## Índice

Sumário Executivo .....	3
1. A Rede Global de Pesquisa e Educação (RGPE) .....	5
2. Infra-estrutura de acesso ao PoP-PA da RNP .....	7
3. Deficiências da atual situação e soluções alternativas possíveis.....	9
4. Uma rede metropolitana para Belém .....	12
4.1 <i>Análise de custos</i> .....	16
5. Recomendações .....	17
6. Conclusão .....	19
Anexo 1 Relação dos contatos nas instituições visitadas .....	20
Anexo 2 Relação dos <i>campi</i> que poderão ser ligados em Belém e Anandideua .....	22
Anexo 3 Relação dos gastos informados com interconexão de campi em Belém e acesso Internet .....	24
Anexo 4 Localização de subestações da CELPA.....	25

## Sumário Executivo

---

Neste relatório são discutidas as tendências mundiais de atender as necessidades de comunicação das instituições de pesquisa e educação (as IPEs) através de uma rede global de Pesquisa e Educação (RGPE), às vezes chamada de "Internet 2", que provê para as IPEs ligadas a ela condições de capacidade, desempenho e qualidade de serviço dificilmente disponíveis de provedores comerciais de Internet (da chamada "Internet 1"). No Brasil, acesso à RGPE é facultada através da rede nacional da RNP (Rede Nacional de Ensino e Pesquisa), uma Organização Social contratada pelo MCT para prover serviço de rede avançada para a comunidade nacional de pesquisa e educação (P&E).

A RNP mantém apenas um ponto de presença (PoP) em cada estado. No Pará, o PoP-PA da RNP se encontra no campus do Guamá da UFPA, hoje com capacidade de acesso de 14 Mbps, que deverá aumentar para 34 Mbps até o meio de 2004. Na falta de uma rede estadual, cabe a cada IPE providenciar seu próprio acesso diretamente ao PoP-PA, se quiser utilizar a rede nacional da RNP. Hoje, apenas o MPEG, a UFRA e a UEPA fazem isto, e entre estes apenas o MPEG possui uma conexão de acesso compatível em termos de desempenho com o enlace da RNP que chega a Belém. Este acesso é realizado por meio de um enlace de rádio de 34 Mbps provido pela RNP em 2002. Os demais enlaces ao PoP-PA são de capacidade até 1 Mbps.

Outras IPEs em Belém e Ananindeua possuem conexões a outras redes do governo federal (INFOSUS, EMBRAPASAT, rede da CPRM), ou a provedores comerciais, principalmente Embratel e Telemar. Estas soluções são caras ou de pequena capacidade e desempenho.

A culpa é do modelo tradicional de telecomunicações, que passa para a operadora os benefícios das economias de escala resultantes da agregação de tráfego na sua rede. A solução é procurar fazer reverter estes benefícios para a comunidade de IPEs através de aquisição e operação em conjunto de recursos de telecomunicações para resolver o problema de acesso local nas áreas urbanas de Belém e Ananindeua. São examinadas as alternativas de enlaces de rádio e de fibra óptica, e mostrado que são grandes as vantagens técnicas destes, especialmente sua enorme capacidade e longa vida útil. Adicionalmente, se forem compartilhados os custos de montagem e operação da rede entre várias IPEs, o nível de investimento requerido por cada IPE cai drasticamente.

É examinada uma proposta para montar uma rede deste tipo na cidade de Belém, beneficiando entre 10 e 12 IPEs, e mostrado que o custo de investimento por IPE não excede R\$ 90.000,00, sem incluir os equipamentos. Estes equipamentos são relativamente baratos, pois pode ser usada a mesma tecnologia hoje usada nas redes locais de cada IPE (tecnologias Fast Ethernet e Gigabit Ethernet). Além de prover conectividade de cada IPE ao PoP-PA da RNP, a solução proposta também permite integrar os diferentes *campi* de cada IPE, estendendo a todos estes *campi* os benefícios da melhor integração e acesso à RGPE com bom desempenho.

Para integrar também os *campi* das IPEs com presença em Ananindeua, os custos adicionais por IPE são maiores, pois há menor número de IPEs para compartilhar os investimentos. Entretanto, o custo deste investimento adicional em infra-estrutura não deverá exceder R\$ 183.000,00.

É importante agir rapidamente com a adoção desta solução consorciada, pois várias das IPEs potencialmente envolvidas já vem buscando soluções individuais, de maior custo e menor benefício. Estas IPEs já identificaram fontes de recursos que poderão ser utilizados nas soluções individuais, e que poderão ser transferidos para atendimento dos investimentos consorciados.

A questão de como realizar e financiar a obra é pertinente. Uma maneira convencional repassaria recursos para a gestora única da montagem da rede contratar os serviços de montagem da infra-estrutura. Provavelmente isto será muito complexo para ser feito por um consórcio integrado principalmente por várias instituições públicas federais, uma estadual e duas privadas. Neste caso poderá ser mais eficaz dividir a rede a ser construída em lotes, e responsabilizar IPEs diferentes para realizar a licitação e realização da construção de cada lote. Obviamente, seria desejável existir uma coordenação entre as diferentes obras, pois será necessário a realização de todas as partes para poder funcionar a obra completa.

A adoção deste projeto mudará substancialmente a qualidade do serviço de comunicação proporcionado para os usuários das IPEs em Belém. Será possível a utilização de recursos avançadas de rede, incluindo videoconferências remotas, acesso ágil a acervos de informação, a computação distribuída de alta desempenho (grades) e a integração via a RGPE de serviços de telefonia entre IPEs no Brasil e no exterior.

A reforma das comunicações trazidas por este projeto resultará num aumento de demanda para serviços de comunicação de longa distância para Belém, que deverá ser relativamente fácil de serem atendido, dado a importância ao nível nacional do desenvolvimento científico e tecnológico da Amazônia.

## 1.

### **A Rede Global de Pesquisa e Educação (RGPE)**

---

A Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), Organização Social (OS) ligada ao Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT), mantém e opera com recursos do MCT e do Ministério de Educação (MEC) uma rede de comunicação avançada de alcance nacional. Esta rede, que conta com um ponto de presença (PoP) em cada unidade federativa (UF), tem por objetivo permitir a comunicação remota pelos professores, alunos e pesquisadores das instituições de pesquisa e educação (IPEs) servidas, bem como dos seus sistemas de informação de apoio, para atividades de ensino, aprendizagem, pesquisa e divulgação. Os correspondentes dessa comunicação remota podem se encontrar em outras entidades semelhantes, no País e no Exterior, como podem incluir instituições e entidades que não sejam IPEs, bem como usuários individuais nos seus domicílios.

Para tanto, a rede de comunicação operada pela RNP é apenas um componente da Rede Global de Pesquisa e Educação (RGPE), às vezes chamada também a "Internet 2", formada pela interconexão de redes semelhantes à da RNP em outras países. A maior parte da comunicação entre IPEs, mesmo em nível internacional, é realizada utilizando apenas conexões internas da RGPE. A RGPE no Brasil é formada pelo "sistema RNP", que é integrado pela rede nacional da RNP e por redes estaduais em 12 estados, sendo as mais extensas encontradas nos estados de MG, PE, PR, RJ, SC e SP. As IPEs que integram o "sistema RNP" estão ligadas diretamente a um dos PoPs ou da RNP ou de uma destas redes estaduais. A RGPE é então um sistema de comunicação que serve a uma comunidade mundial de IPEs.

Entretanto, existem IPEs que são servidas por redes setoriais que não pertencem hoje ao "sistema RNP", por exemplo, as redes da EMBRAPA e da CPRM. Outras IPEs são atendidas por redes comerciais, como essas operadas pela Embratel e Telemar. De modo geral todas estas redes são interconectadas de forma a permitir a conectividade entre seus usuários. A RGPE está interconectada em praticamente todos os países com redes comerciais, que juntas formam a Internet comercial ou "commodity Internet" ou "Internet 1". No Brasil, o "sistema RNP" faz esta interconexão com as redes comerciais em algumas cidades. A Internet global hoje é a união de "Internet 1" com "Internet 2". Logo, a RGPE faz parte da Internet global, mas somente passa por suas conexões internas tráfego relacionado a atividades de pesquisa e educação.

Para uma IPE engajada em trabalhos de cooperação e colaboração com outras IPEs dentro e fora do Brasil, é desejável integrar o "sistema RNP", porque as redes que integram este "sistema" geralmente oferecem melhor comunicação, em termos, quer sejam de capacidade, quer sejam de desempenho, do que as redes comerciais. Isto ocorre principalmente porque as redes do "sistema RNP" compram recursos de telecomunicações em grande quantidade e compartilham estes recursos eficientemente entre muitas IPEs usuárias. De modo geral, as tecnologias atuais de comunicação em rede premiam quem compartilhe conexões. Se todas IPEs compram suas conexões separadamente dos provedores comerciais, somente estes provedores conseguirão tirar os benefícios do compartilhamento entre muitos usuários da sua própria infra-estrutura. Se as IPEs formarem um consórcio para juntos comprar e compartilhar recursos de comunicação, a economia de escala reverterá em benefícios para os membros deste consórcio. Para permitir a integração

de uma IPE ao "sistema RNP", basta uma conexão ao PoP da RNP no seu estado, ou através de uma rede estadual.

## 2.

### **Infra-estrutura de acesso ao PoP-PA da RNP**

---

Normalmente os PoPs da RNP se encontram nas capitais dos estados, como é o caso no Pará, onde o PoP-PA é hospedado pela UFPA. Atualmente, o PoP-PA está ligado à rede nacional da RNP por enlace de 14 Mbps. A capacidade deste enlace deverá aumentar para 34 Mbps até o meio de 2004. A princípio esta capacidade deverá servir a todo o estado do Pará, dentro e fora da capital, Belém. Entretanto, hoje não existe no Pará nenhuma rede estadual integrante do "sistema RNP", e o ônus de estabelecer conectividade até o PoP-PA na UFPA é a responsabilidade de cada IPE individualmente.

As IPEs que já participam ou que poderão vir a se interessar em participar na RGPE no estado do Pará parecem incluir:

- Centro Federal de Educação Tecnológico do Pará - CEFET-PA
- Centro Nacional de Primatas - CENP
- Centro Universitário do Pará - CESUPA
- Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC
- Companhia de Pesquisas Minerais - CPRM
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
- Instituto Evandro Chagas - IEC
- Museu Paraense Emílio Goeldi - MPEG
- Universidade da Amazônia - UNAMA
- Universidade do Estado do Pará - UEPA
- Universidade Federal do Pará - UFPA
- Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Deve-se notar que alguns destas IPEs possuem instalações ou *campi* em pontos do interior do estado. A UFPA possui diversos *campi*, nas cidades de Abaetetuba, Altamira, Bragança (com Núcleos em Capanema e Capitão Poço), Cametá, Castanhal, Marabá (Parauapebas e Rondon do Pará), Marajó (Soure e Breves) e Santarém (Óbidos, Monte Alegre e Itaituba). A UEPA possui *campi* em Altamira, Conceição do Araguaia, Igarapé-Açu, Marabá, Moju, Paragominas, Redenção, Santarém, São Miguel do Guamá e Tucuruí, todos ligados a 64 kbps. O CEFET possui *campi* em Altamira, Marabá e Tucuruí. O MPEG possui um *campus* na Reserva Florestal de Caxiuanã. A questão de acesso à RNP de *campi* fora de Belém e Ananindeua não é a principal preocupação deste estudo.

UNAMA e o IEC ambos possuem um *campus* em Ananindeua, e a sede do CENP está instalado ao lado desse *campus* do IEC. Embora não tenha sido feito contato com a CEPLAC, foi informado que a mesma também possui um *campus* em Ananindeua.

Hoje somente são atendidas pela RNP poucas instituições nas cidades de Belém e Ananindeua: além da UFPA, integram o "sistema RNP" o MPEG (conexão para o PoP-PA a 34 Mbps), a UEPA (512 kbps) e a UFRA (1 Mbps). No casos do MPEG e da UEPA, como da própria UFPA, existem *campi* secundários dentro da cidade de Belém que estão ligados ao seu *campus* primário com conexões de baixa capacidade, tipicamente de 128 kbps, nos casos da UEPA e da UFPA, e 256 kbps no caso do MPEG.

As demais IPEs mencionadas hoje não se integram no "sistema RNP", embora existam projetos em curso no CEFET e na EMBRAPA para realizar esta integração, na primeira através de enlace de rádio próprio do seu *campus* principal, e no segundo através de conexão própria em fibra óptica até o campus principal do MPEG. Hoje a EMBRAPA se conecta à rede EMBRAPASAT (via satélite em 128 kbps) e o CEFET em 512 kbps através da rede da Embratel. A agência Belém da CPRM se liga à rede nacional de empresa através de conexão de 64 kbps. O IEC utiliza 3 conexões, todas de 512 kbps. Uma é uma conexão administrativa à rede INFOSUS, outra é para o *campus* em Ananindeua, e a terceira é para a rede da Embratel. O CENP usa hoje uma conexão à Internet por provedor comercial via rádio, mas poderá compartilhar a infra-estrutura de rede do IEC, pela proximidade geográfica.

Finalmente as universidades privadas, CESUPA e UNAMA, hoje não pertencem ao "sistema RNP". No caso da CESUPA, existem quatro *campi* em Belém, interligados hoje através de conexões da Telemar, de onde a universidade compra uma conexão à Internet comercial. A CESUPA já está engajada no processo de estabelecer uma conexão entre dois dos seus *campi* usando uma infra-estrutura óptica própria, e pensa em incluir os outros dois oportunamente. A UNAMA também possui 4 *campi* na região metropolitana, sendo um em Ananindeua. Hoje seus campi estão ligados por enlaces de rádio, mas já vem sendo estudadas alternativas, inclusive por infra-estrutura óptica alugada e por infra-estrutura óptica própria. Hoje, sua conexão à Internet é de 6 Mbps via Embratel.

O Anexo 2 inclui maiores detalhes sobre a localização dos *campi* das IPEs em Belém e Ananindeua, a infra-estrutura de comunicação atualmente instalada. No Anexo 3 estão relacionados os valores informados do custeio desta infra-estrutura.

### 3.

### **Deficiências da atual situação e soluções alternativas possíveis**

---

Como pode ser visto do Anexo 3, são substanciais os gastos em custeio das IPEs, para realizar a interconexão em área urbana dos seus *campi*, e para obter acesso à Internet, ou através da RNP, ou rede corporativa (casos da CPRM e EMBRAPA), ou através de provedores comerciais. De modo geral, as conexões usadas são de baixa capacidade (entre 64 kbps e 1 Mbps), impossibilitando a utilização de aplicações mais modernas de comunicação, tais como videoconferência e processamento distribuída intensiva, que vêm se incorporando ao dia a dia das instituições com boa conectividade. Aumentar a capacidade das interconexões entre os *campi* e do acesso à Internet, quer seja via RNP, quer seja via provedor comercial, é tão caro atualmente que a manutenção deste modelo de solução não abre perspectivas de melhorias na qualidade dos serviços de comunicação a um preço pagável.

O vilão é o modelo adotado para montar a infra-estrutura de interconexão de *campi* e acesso à Internet. Em quase todos os casos, esta infra-estrutura depende de enlaces ponto a ponto alugados das operadoras de telecomunicações Embratel e Telemar. Custos anuais típicos são R\$ 20.400,00 por ano por circuito de 256 kbps (MPEG) e R\$ 43.200,00 por circuito de 1 Mbps (UFRA), ambos dentro da cidade de Belém. De modo geral o custeio destes circuitos aumenta com a capacidade seguindo a regra que ao quadruplicar a capacidade, o custo é aproximadamente o dobro, como nos exemplos mostrados. Desta forma, uma conexão urbana de 10 Mbps (velocidade compatível com redes locais Ethernet) teria um custo anual da ordem de R\$ 140.000,00!

Como alternativas às operadoras comerciais de telecomunicações, existem o que os Europeus chamam DIY (Do It Yourself), que poderemos traduzir para Faça Você Mesmo, ou FVM. Uma solução FVM significa que a dependência no circuito alugado da operadora de telecomunicações é substituída pelo investimento em infra-estrutura própria, que pode ser um enlace de rádio, como pode ser um enlace usando fibra óptica.

No caso de rádio, o paradigma é exemplificado pelo MPEG, que usufrui de um enlace de 34 Mbps até o PoP-PA, que foi colocado pela RNP em 2002. Ao MPEG coube, neste caso específico, financiar a instalação dos equipamentos e eventuais custos de manutenção e conserto. O custo anual do circuito equivalente alugado a uma operadora deveria ser da ordem de R\$ 250.000,00, se for válido a regra enunciada acima. O custo de aquisição deste equipamento seria US\$ 70.000, ou seja, aproximadamente R\$ 200.000,00. Em este caso, o investimento seria amortizado em menos de um ano de uso.

Nas conversas tidas durante a visita às IPEs, soube-se que tanto o CEFET como a UFRA estão considerando seriamente a aquisição de equipamentos próprios de rádio-enlace para fazer acesso ao PoP-PA. Nestes casos, a tecnologia usada seria uma conexão WiFi (tecnologia de rede local de rádio) com capacidade até 11 Mbps. O orçamento recebido pelo CEFET é de R\$ 53.000,00, o que inclui a construção de uma torre de 30 metros (mais de R\$ 18.000 só de material). Esta tecnologia equivaleria a um circuito convencional ("full duplex") da metade da sua capacidade máxima, ou seja, 5,5 Mbps, o que custaria em torno de R\$ 100.000,00 por ano. No caso da UFRA, o orçamento recebido (de R\$ 12.000,00) seria apenas para o equipamento, e não inclui outra infra-estrutura e instalação.

Soluções de rádio-enlace são boas e baratos, mas carecem de dois inconvenientes. O primeiro destes é a necessidade absoluta de haver visada desobstruída da outra ponta do enlace. Obstrução pode ser causada pelo crescimento da vegetação (copas das árvores) ou pela construção de prédios novos. A solução tradicional é o uso de uma construção alta existente (o prédio da Reitoria da UFPA, ou uma caixa d'água, como no MPEG). Na falta destas alternativas (como são os casos do CEFET e da UFRA), poderá ser necessária a construção de uma torre própria, de custo significativa, ou o aluguel da utilização de uma torre existente, por exemplo, de televisão ou de rádio. Nota-se que a torre da TV RBA hoje é muito utilizada para hospedar antenas de rádio-enlace.

O segundo inconveniente é a falha do equipamento e seu tempo de conserto. Isto poderá ser amenizado pela aquisição de peças avulsas, o que aumenta o custo de aquisição. No caso do rádio do MPEG, houve um acidente em janeiro de 2004, quando foi avariado o equipamento por uma descarga elétrica. A RNP substituiu o equipamento externo em 2 dias, mas o conserto do equipamento interno levou 2 semanas, pela falta de uma peça sobressalente. Durante estas duas semanas, o MPEG ficou sem comunicação externa. Tipicamente, as empresas de telecomunicações se protegem contra tais interrupções de serviço pelo uso de redundância nas suas redes, de forma que a falha de um único componente não interrompe completamente o serviço prestado. Arquiteturas redundantes são recomendadas em todos casos de soluções FVM. No caso do rádio-enlace, a redundância tradicional é duplicar o enlace, mantendo pares de equipamentos nas duas pontas. O custo adicional desta solução é menos de 50% a mais do que o custo do primeiro equipamento, pois vários itens de infra-estrutura, por exemplo, a antena e sua montagem, podem ser reaproveitados.

A outra grande alternativa ao uso de enlaces de rádio é a instalação de conexões em fibra óptica. Fibra óptica possui muitas características interessantes do ponto de vista de um projeto de interconexão. Primeiro, é um meio físico puramente passivo. Isto significa que ele não pode deixar de funcionar, exceto por acidentes externos que resultam no corte da fibra. Segundo, a capacidade de transmissão é praticamente ilimitada, e é determinada pelos equipamentos eletrônicos colocados nas pontas do cabo óptico. A capacidade teórica de uma única fibra é de 50 Tbps (terabits por segundo =  $10^{12}$  bps), e hoje existem equipamentos relativamente baratos da tecnologia Gigabit Ethernet, que permitem seu uso a 1 Gbps (gigabit por segundo =  $10^9$  bps). Terceiro, a vida útil de uma infra-estrutura de cabo óptico deverá exceder 15 anos. Futuramente, os equipamentos inicialmente poderão ser substituídos por novos, de capacidade maior, reutilizando a fibra já existente. Finalmente, os custos de instalação de um cabo de fibra óptica em área urbana, como de Belém e Ananindeua são relativamente baixos. Para colocar um cabo contendo 4 fibras ópticas tem custo hoje da ordem de R\$ 20.000,00 por km, quando é usada a instalação aérea usando posteamento existente. Se quiser aumentar a capacidade do cabo usando mais fibras, por exemplo 24 em vez de 4, o custo adicional era inferior a R\$ 3.000,00 por km em dezembro de 2002.

Já há duas IPEs em Belém com projetos de construção de infra-estrutura óptica própria. A CESUPA já iniciou o projeto de interconexão dos seus *campi* em São Braz e Nazaré, com enlace de aproximadamente 2 km, usando cabo óptico aéreo, montado no posteamento da CELPA.. Ela já planeja realizar futuramente a interconexão dos seus outros *campus* em Belém. A EMBRAPA está com orçamento de obra de cabeamento óptico entre seu *campus* e o do MPEG a uma distância de 2,4 km, usando posteamento próprio.

Há três observações a fazer sobre estas iniciativas. Em primeiro lugar, sua adoção reduz substancialmente o custo da operação de uma rede de alta velocidade. Podendo contar com conexões ópticas entre os *campi* permite utilizar tecnologia de rede local, muito barato, confiável e conhecido (em caso de precisar consertar ou substituir). Estamos falando de taxas de transmissão de 100 Mbps ou até 1 Gbps entre os *campi*, taxas absolutamente irrealizáveis hoje com o modelo vigente de aluguel de circuitos de telecomunicações por motivos de custo.

A segunda observação é de alerta ao risco de ficar sem serviço por um acidente. Uma falha de equipamento é fácil de consertar. Já uma interrupção da fibra, embora que possa ser consertada rapidamente por técnicos especializados, traz uma interrupção do serviço de rede, que poderá ser intolerável à IPE. Recomenda-se neste caso a adoção de arquiteturas redundantes de conexão, o que significa na prática é a configuração das conexões em topologia de anel, para que a rede não seja particionada por um único corte do cabo óptico.

Terceiro, os custos para cada IPE de instalação desta infra-estrutura podem ser reduzidos significativamente se for possível compartilhá-los com outras entidades. Isto pode ser feito de duas maneiras: compra ou arrendamento de fibras no cabo instalado por outros; construção da infra-estrutura em consórcio com outras entidades com interesses semelhantes. O problema da primeira alternativa será encontrar hoje quem tem fibra instalada para alugar. A única experiência do que se tem conhecimento é da UNAMA, que pediu orçamentos para alugar fibra até seu *campus* em Ananindeua, e recebeu proposta da Telemar no valor de R\$ 360.000,00 por ano. O custo estimado de construir infra-estrutura própria era de R\$ 240.000,00. Em alguns outros países, já existem iniciativas de construir "condomínios de fibras" ao nível municipal, para arrendar fibras individuais a preços baixos para usuários eventuais. Por enquanto esta prática ainda não chegou ao Brasil. Resta como alternativa, então, a formação de consórcio para implantação da infra-estrutura desejada. É esta proposta que será examinada na próxima seção.

#### 4.

#### Uma rede metropolitana para Belém

Nesta seção tentaremos demonstrar que é técnica e financeiramente viável encontrar uma solução para a interconexão dos vários *campi* entre si, e de cada instituição ao PoP-PA da RNP através de uma rede de cabos de fibra óptica que alcança cada um dos pontos a serem integrados.

Exemplos de redes deste tipo já existem no país. Na cidade de Niterói, a Universidade Federal Fluminense (UFF) realizou em 1998 a implantação de uma rede de 12 km deste tipo, usando cabo óptico aéreo de 18 fibras para interligar 12 *campi* dentro da cidade, sendo o cabo suspenso nos postes da empresa local de distribuição de energia elétrica, CERJ. Este trabalho foi descrito no artigo " Soluções Alternativas Usadas na Rede de Comunicação da UFF" [<http://www.rnp.br/news/gen/9909/redeuff.html>], e os custos na época eram em torno de R\$ 20.000,00 por km, incluindo a terminação das fibras em cada campus visitado. Na cidade de Curitiba, há uma rede óptica construída no final dos anos 1990, que interliga os *campi* da Universidade Federal do Paraná (UFPR), o CEFET-PR e a PUC-PR, além da empresa CITS na periferia de Curitiba e um campus da PUC-PR em S. José dos Pinhais.

A situação de Belém é razoavelmente favorável a esta solução tecnológica, pois a cidade é relativamente compacta, e a rede de distribuição elétrica, da CELPA, utiliza cabos aéreos e posteamento em quase toda a cidade. A CELPA já admite este uso da sua rede postes, como pode ser visto pela aprovação do projeto da CESUPA supra-citado, e cobra um aluguel mensal de R\$ 3 por poste usado. A rede da UFF usa em torno de 500 postes para percurso de 12 km, o que indica um custo mensal da ordem de R\$ 120 por km.

Extrapolação até 2004 dos custos de implantação da rede da UFF em 1998 (R\$ 20.000,00 por km de fibra de 18 fibras) indicará um custo não mais que R\$ 40.000,00 por km. Entretanto, orçamentos recentes em Belém indicam consistentemente um custo da ordem de R\$ 20.000,00 / km, por cabo de 4 ou 6 fibras. Baseado nos custos dos cabos, estima-se o custo adicional por cabo de 24 fibras de R\$ 3.000,00 por km, e para 48 fibras de R\$ 5.000,00 por km, e assim em diante.

Nas figuras 4.1 e 4.2 é indicada a localização dos *campi* das IPEs sugeridas em Belém e Ananindeua. Como pode ser notado, os *campi* das maiores universidades são espalhados por boa parte da cidade de Belém. Na figura mostrando Ananindeua, há menor concentração de *campi*, sendo 3 ao longo da rodovia BR-316 e pelo menos um na Rodovia Augusto Montenegro.

A tônica desta proposta é que o trajeto do cabo de fibra óptica seja escolhido de maneira a alcançar o maior número dos locais, e de preferência todos que são indicados nestas figuras. Desta forma o cabo poderá ser compartilhado por todas as IPEs pelas quais passa.

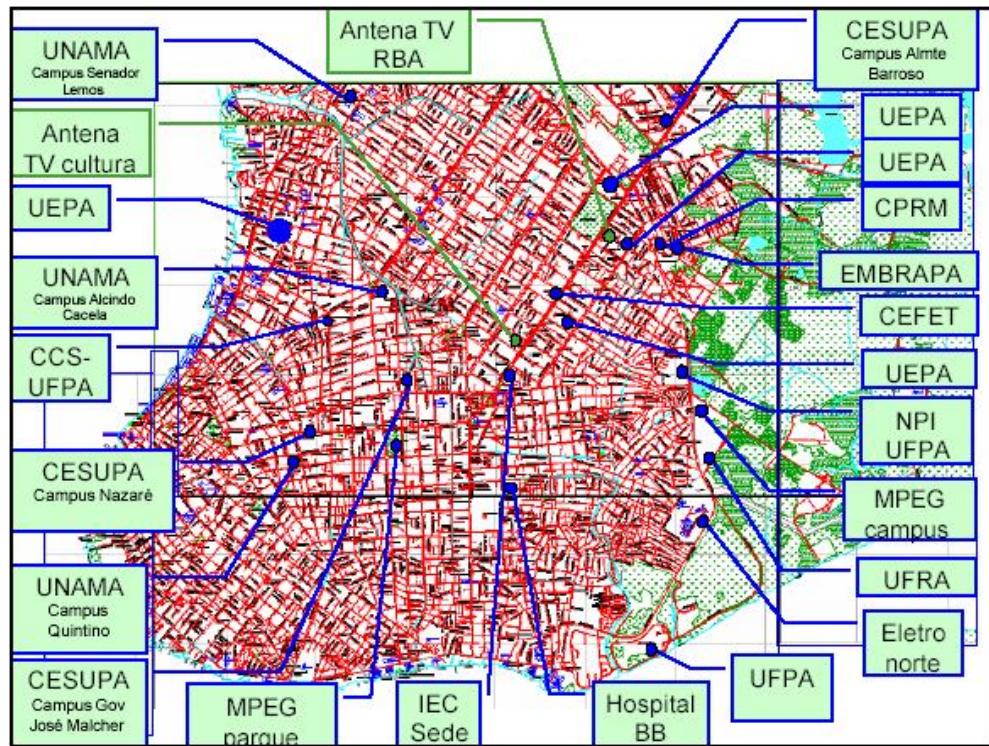


Figura 4.1: Localização dos *campi* das IPEs em Belém

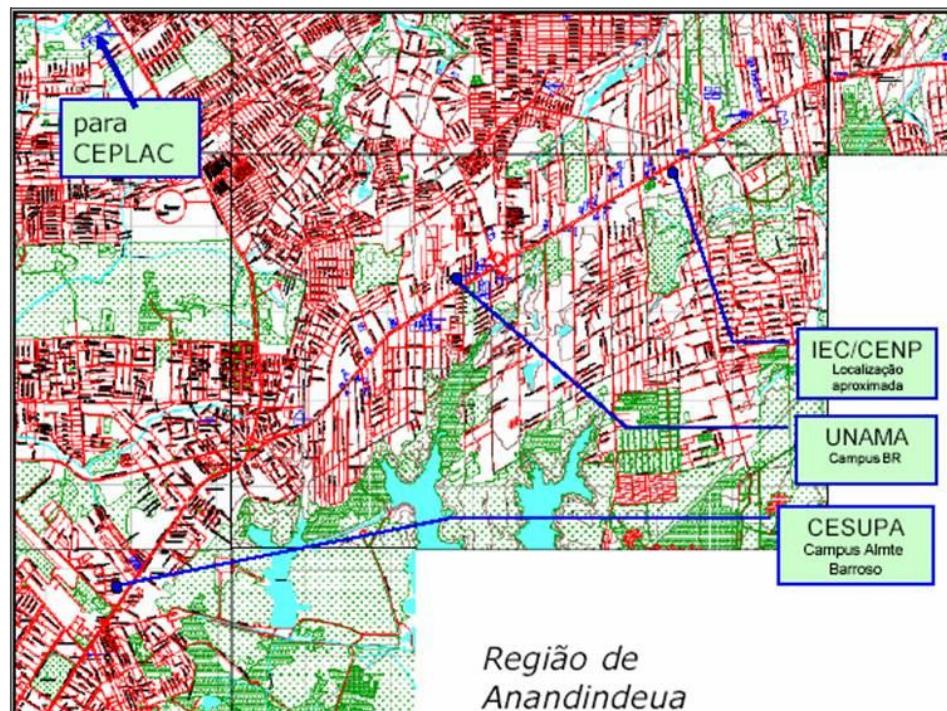


Figura 4.2: Localização dos *campi* das IPEs em Ananindeua

Como será realizado este compartilhamento? A idéia básica é que cada IPE tenha acesso dedicado a duas das fibras no cabo. O cabo passará por vários dos *campi* de cada IPE e também pelo *campus* do Guamá da UFPA, onde fica o PoP-PA da RNP. Sugerimos que este par de fibras seja utilizado para implementar a conectividade entre os *campi* da IPE, e também entre esta e o PoP-PA da RNP, usando tecnologia Ethernet (10/100/1000 Mbps) para isto (v. figura 4.3). Desta forma, todas as IPEs interconectadas por esta rede trocariam tráfego entre si no PoP-PA da RNP.

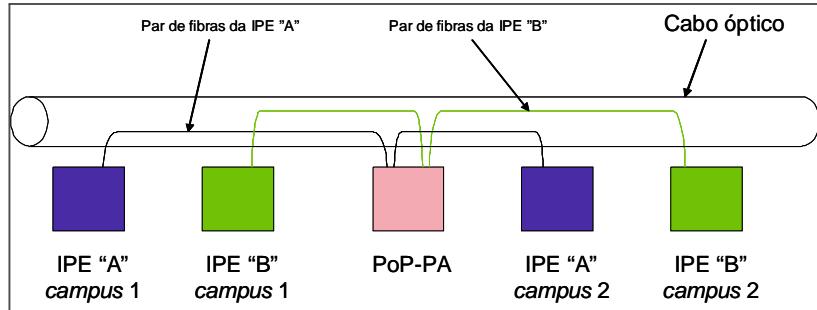


Figura 4.3: Ligação dos *campi* de IPEs diferentes usando fibras próprias

Falta somente traçar o projeto do cabo da rede. Aqui há duas considerações relevantes: o alcance máximo de comunicação óptica; e o requisito de topologia redundante, para que a rede não fique particionada devido a um acidente que resultar no corte do cabo. A princípio, a distância máxima de interfaces ópticas de longa alcance chega a 20 ou 30 km. A distância exata é função do comprimento de onda e a atenuação do cabo usados. A escolha de ambos requer um estudo mais cuidadoso antes de finalizar o projeto. Para garantir topologia redundante, precisamos ter dois caminhos entre cada par de pontos na rede, o que é obtido mais facilmente se a rede for construída em forma de anel fechado (v. figura 4.4). Nesta figura mostra-se uma interconexão entre os pontos servidos usando os dois lados do anel. Caso houver ruptura do cabo, que o converte em barramento, a comunicação continua possível. Para que isto seja feito de modo automático, basta utilizar no anel equipamentos do tipo roteador ou do tipo comutador Ethernet em todos os pontos.

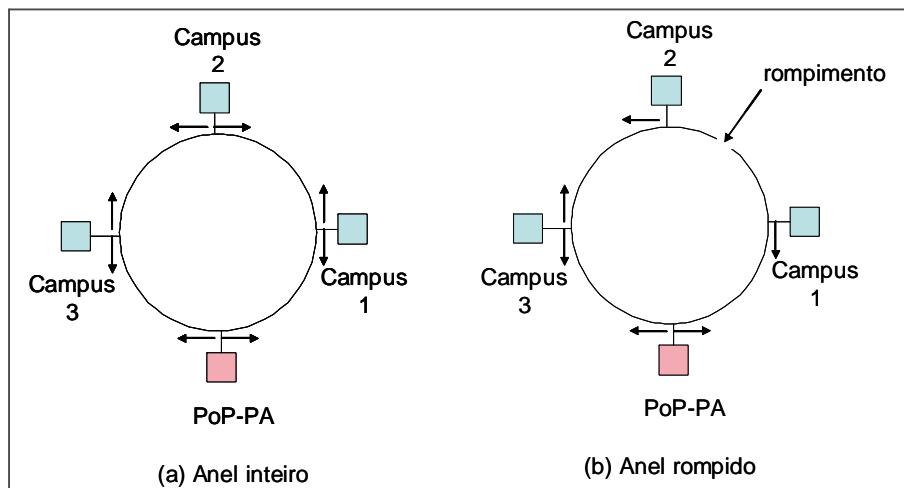


Figura 4.4: Proteção por meio de redundância - topologia em anel

Na Figura 4.5 é sugerida uma topologia possível da rede óptica para poder alcançar os *campi* servidos em Belém. Estima-se a circunferência deste anel em menos de 30 km. Esta sugestão precisa ser examinada e eventualmente alterada na luz de novos requisitos das IPEs interessadas. O custo de implantar esta rede não deverá exceder R\$ 30.000,00 por km de cabo instalado. Como cada IPE usará um par de fibras em todo o percurso do anel, para obter redundância, sugere-se que o custo da implantação seja dividido em partes iguais por todas as IPEs atendidas.

Evidentemente, este custo não inclui os equipamentos a serem usados. O custo destes dependerá da escolha da tecnologia usada: se eles vão ser roteadores ou comutadores Ethernet, se as interfaces serão de 100 Mbps ou 1 Gbps (não seria recomendado o uso de interfaces de 10 Mbps).

Para atender aos *campi* localizados em Ananindeua, há várias considerações adicionais. O primeiro seria se iria ser usada tecnologia óptica ou de rádio. O problema com tecnologia óptica é o custo de instalar os cabos, por causa do pequeno número de IPEs servidas. Por exemplo, Se considerarmos apenas o trajeto pela rodovia BR-316, a partir do *campus* Almte. Barroso da CESUPA, são aproximadamente 6 km até o *campus* da UNAMA, mais 4 km até o IEC e mais 1 km até o CENP, perfazendo um total de 11 km, somente para atender a estes 3 *campi*. Se quisermos uma topologia redundante, deve-se implementar um caminho de retorno distinto, por exemplo, usando os postes do outro lado da rodovia, acrescentando mais 11 km de cabo. Por outro lado, o cabo aqui não precisa conter tantas fibras quanto no anel de Belém, o que poderá reduzir um pouco o custo por km.

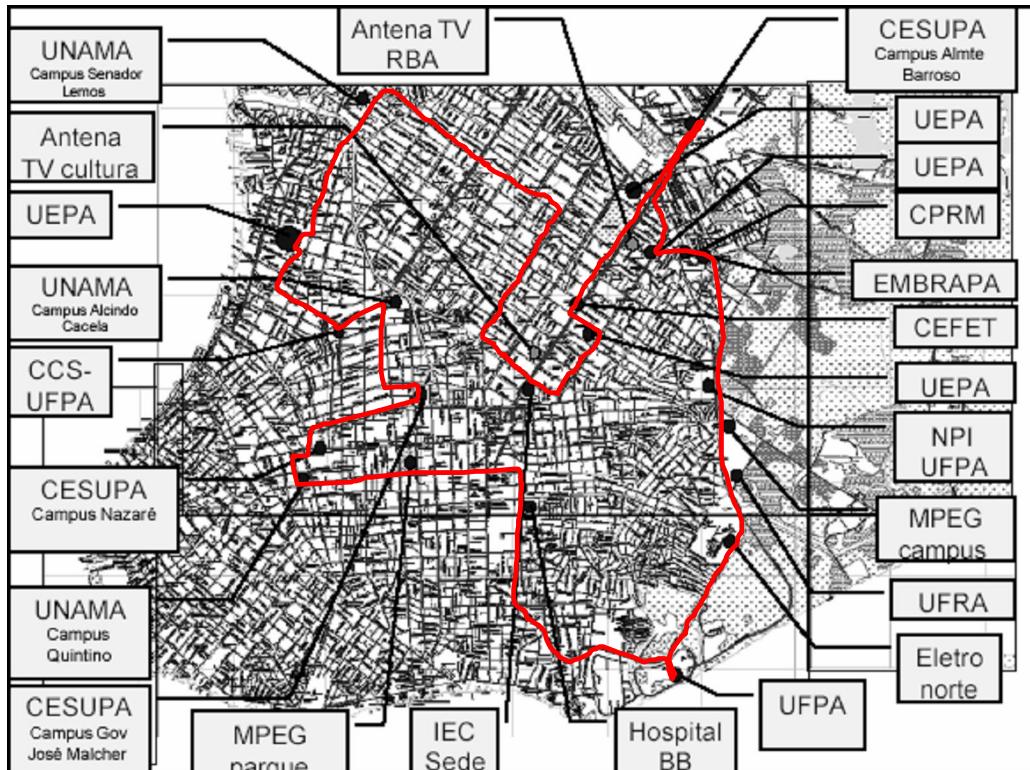


Figura 4.5: Possível trajeto para o cabo óptico dentro de Belém

## 4.1 Análise de custos

Supondo os números apresentados aqui, os custos seriam:

30 km de cabo em Belém X R\$ 30.000,00 por km = R\$ 900.000,00 para o anel urbano - este valor deverá ser dividido entre todas as IPEs que requerem acesso à Belém, por ter *campus* ali, ou por querer acesso Internet (aqui estamos considerando 10, 11 ou 12 IPEs). Isto dá, no máximo, R\$ 90.000,00 (10 IPEs), R\$ 82.000,00 (11 IPEs) ou R\$ 75.000,00 (12 IPEs), respectivamente.

e

22 km de cabo na BR-316 X R\$ 25.000,00 por km = R\$ 550.000,00 para o enlace a Ananindeua (com redundância)

ou

11 km de cabo na BR-316 X R\$ 25.000,00 por km = R\$ 275.000,00 para o enlace a Ananindeua (sem redundância)

Os custos do "ramal" pela BR-316 poderiam ser divididos de partes iguais entre as 3 IPEs beneficiárias, dando R\$ 183.000,00 no primeiro caso e R\$ 92.000,00 no segundo.

Para os *campi* localizadas em Ananindeua, existe ainda a alternativa de acesso via rádio. Para viabilizar isto, teria que ser alugada a utilização de uma torre, como da TV Cultura ou da TV RBA, onde seria colocado uma ponta do enlace instalado, sendo a outra no *campus* atendido. Neste caso, os custos seriam da aquisição e instalação dos equipamentos. As alternativas incluiriam a tecnologia WiFi, como examinada recentemente pelo CEFET, com capacidade ("half-duplex") de 5,5 a 11 Mbps, e eventualmente sujeito a interferência por outros equipamentos semelhantes. O custo do equipamento oferecido ao CEFET, sem a torre e o mastro desnecessários, seria de R\$ 33.000,00. Se for desejado desempenho maior, está chegando ao mercado um novo equipamento, da GIGACOM ([www.gigacom.com.br](http://www.gigacom.com.br)), com capacidade ponto a ponto de 100 Mbps "full duplex", por um preço de aproximadamente R\$ 90.000,00. Este equipamento permite aumentar sua capacidade até 4 canais de 100 Mbps.

Caso seja decidido optar pelo enlace de rádio, deve ser lembrado: primeiro, que um único enlace não oferece redundância - seria necessário colocar dois enlaces para obter proteção; haverá custos de aluguel da torre; terceiro, será necessário incluir a torre usada na rota da fibra, para permitir integração entre o enlace de rádio e a comunicação com o PoP. (É sempre possível usar rádio para este segundo enlace também, se desejado.) Finalmente, caso seja usado um enlace de rádio para alcançar o *campus* do IEC em Ananindeua, o mesmo enlace poderia ser compartilhado também pelo CENP.

## 5. Recomendações

---

Baseado na análise de custos apresentada (não mais de R\$ 75.000,00 a 90.000,00, dependendo do número de parceiros), é demonstrada a viabilidade financeira da construção de uma rede óptica na área urbana de Belém, interligando os *campi* das IPEs envolvidas usando um cabo óptico contendo, pelo menos, duas fibras ópticas por IPE (na verdade, é boa prática incluir número substancial de fibras adicionais, de custo marginal pequeno, para eventual uso futuro). O trajeto sugerido neste documento é evidentemente sujeito a modificações, tanto de inclusão de novos *campi*, como de novos parceiros, na luz da oportunidade única apresentada para realizar este grau de integração.

A situação dos *campi* fora da área urbana de Belém gera custos maiores, por causa das distâncias, e não oferece os mesmos benefícios de escala, pelo menor número de IPEs beneficiárias. Entretanto, mesmo a solução mais caro resulta numa investimento adicional por IPE beneficiária de R\$ 183.000,00.

A utilização deste meio óptico seria através de equipamentos de rede local, usando as tecnologias Fast Ethernet (100 Mbps) ou Gigabit Ethernet (1 Gbps), os quais teriam que ser adquiridos por cada IPE individualmente. A princípio, o equipamento no PoP-PA que proveria a conexão de cada IPE à rede nacional da RNP seria fornecido pela RNP.

Para levar adiante este projeto, será necessário que as IPEs envolvidas cheguem a um acordo a respeito da montagem deste consórcio aqui proposto, e especialmente como será custeada a preparação e execução do projeto da rede. Seria apropriado que a liderança técnica seja investida na UFPA, por ser ela operadora da PoP-PA da RNP, mas as características técnicas do projeto deverão ser acordadas entre todos os parceiros. A RNP se dispõe a dar consultoria técnica onde for considerada apropriada.

Além de realizar a montagem da rede, recomenda-se que seja indicada uma equipe responsável para a gerência da rede instalada. Isto inclui zelar pela integridade do meio óptico utilizado, com a competência para realizar manutenção e conserto dos cabos e conexões em caso de necessidade, como também supervisionar as conexões com a RNP.

É recomendado que a rede passe a fazer conexões com eventuais provedores de telecomunicações de longa distância. Isto poderia incluir as atuais operadoras Telemar e Embratel, das quais poderá ser desejável realizar entroncamento para troca de tráfego em Belém (atendimento de pesquisadores, professores, alunos e funcionários usuários de provedores comerciais), como também para acesso futuro à Internet comercial, caso futuramente seja limitada para tráfego de P&E a rede da RNP. Outra eventual provedora de longa distância seria a Eletronorte, cuja rede ainda chegará a Belém na sua subestação do Guamá na Av. Perimetral.

Será necessário negociar com a CELPA os termos de cessão do uso do seu posteamento para a montagem dos cabos desta rede. Por enquanto, sabe-se que o preço comercial por esta cessão é de aproximadamente R\$ 3 mensais por poste usado, que equivale a R\$ 120 por km. Se a rede tiver 52 km, como previsto aqui, isto representa um despesa anual da ordem de R\$ 75.000,00, dividida entre os parceiros.

Entretanto a CELPA já manifestou seu interesse em participar no projeto como parceiro, tendo como objetivo prover conectividade para monitorar e controlar remotamente suas subestações de energia elétrica (v. a lista no Anexo 4). Muitos destas subestações se encontram próximas do caminho sugerido para o anel dentro de Belém. Para atender às necessidades da CELPA, recomenda-se que seja admitida sua utilização da rede, e negociada a isenção de cobrança do aluguel dos postes. Isto tornará mais simples a administração financeira da futura rede.

Finalmente, deveria ser aproveitada a disposição financeira de algumas das IPEs que poderão participar neste consórcio que já identificaram a necessidade de procurar novas soluções de acesso, ou que já gozam dos benefícios da sua utilização. Estas incluem o CEFET, UFRA e EMBRAPA, todas as quais planejam futuros investimentos em rádio ou fibra, a CESUPA que já está investindo em estender um cabo óptico entre dois dos seus *campi*, e o MPEG que se beneficia de deixar de pagar o custo de acesso ao PoP-PA por usar o rádio cedido pela RNP.

Se for confeccionado a tempo o projeto da rede, a CESUPA já se comprometeu a incluir no trecho sendo cabeado fibras em número suficiente para atender as necessidades do consórcio. A EMBRAPA pretende lançar cabo de fibra óptica para fazer conexão ao MPEG para ter acesso a seu enlace de rádio ao PoP-PA. Este enlace bem poderia fazer parte do trajeto do anel de Belém, e seria interessante também neste caso aumentar o número de fibras no cabo, para atender as necessidades do consórcio.

A UFRA pensava em adquirir um enlace de rádio para o PoP-PA, mas, ao saber da solução EMBRAPA (via o Rádio do MPEG), já pensa em fazer o mesmo, usando conexão em fibra óptica ao seu vizinho. Com um pouco de cuidado, este acesso em fibra poderia ser integrado ao projeto do anel do consórcio. Adicionalmente a UFRA explicou ter acesso imediato (até o final de abril) a recursos financeiros substanciais oriundos do Reino Unido, que poderiam ser aplicados num bom projeto, como, por exemplo, a montagem de uma parte da nova rede. O CEFET, que planejava gastar R\$ 53.000,00 em aquisição de um enlace de rádio poderia aplicar estes recursos de forma semelhante.

A questão de como realizar e financiar a obra é pertinente. Uma maneira convencional repassaria recursos para a gestora única da montagem da rede contratar os serviços de montagem da infra-estrutura. Provavelmente isto será muito complexo para ser feito por um consórcio integrado principalmente por várias instituições públicas federais, uma estadual e duas privadas. Neste caso poderá ser mais eficaz dividir a rede a ser construída em lotes, e responsabilizar IPEs diferentes para realizar a licitação e realização da construção de cada lote. Obviamente, seria desejável existir uma coordenação entre as diferentes obras, pois será necessário a realização de todas as partes para poder funcionar a obra completa.

## **6. Conclusão**

---

A adoção deste projeto mudará substancialmente a qualidade do serviço de comunicação proporcionado para os usuários das IPEs em Belém. Será possível a utilização de recursos avançadas de rede, incluindo videoconferências remotas, acesso ágil a acervos de informação, a computação distribuída de alta desempenho (grades) e a integração via a RGPE de serviços de telefonia entre IPEs no Brasil e no exterior.

A reforma das comunicações trazidas por este projeto resultará num aumento de demanda para serviços de comunicação de longa distância para Belém, que deverá ser relativamente fácil de serem atendido, dado a importância ao nível nacional do desenvolvimento científico e tecnológico da Amazônia.

**Anexo 1**  
**Relação dos contatos nas instituições visitadas**

Instituição	Nome e cargo	Correio eletrônico	Telefone(s)
CELPA	André Narito Nagaishi Gerente, Assessoria de Telecomunicações	andre.narito@redecelpa.com.br	216-1369
	Armando A.A. Tupiassú Coordenador, Programa de Pesquisa, Desenvolvimento e Eficiência Elétrica	armando.tupiassu@redecelpa.com.br	216-1339
	Ronaldo Telles Kalume Superintendente de Informática	ronaldo.kalume@redecelpa.com.br	216-1426
CEFET	Cristiane Raquel Brasil Cordeiro	cristiane.cordeiro@cefetpa.br	211-0329 211-0328 9112-5683
	Marcos Berman		211-0329 211-0328 8805-1351
CENP	Reinaldo de Amorim Carvalho Diretor	reinaldocarvalho@iec.pa.gov.br	265-0222 255-0447
CESUPA	Cássia Kahwage	cassia@cesupa.br	
	Eugenio Pessoa	eugenio@cesupa.br	216-9121 216-9143
CPRM	Reinaldo Nascimento	jrnasf@cprm-be.gov.br	
EMBRAPA	Michell Costa	michell@cpatu@embrapa.br	299-4596 8121-6163
IEC	Carolina Rodrigues da Costa	carolinacosta@iec.pa.gov.br	211-4471 211-4472
	Edvaldo Loureiro	edvaldoloureiro@iec.pa.gov.br	211-4410 9943-0300
	Jedson Cardoso	jedsoncardoso@iec.pa.gov.br	211-4471 211-4472 9635-9011
MPEG	Carlos Henrique Milhomem Chefe, SPD	caique@museu-goeldi.br	274-3755 9943-8181
	Peter Mann de Toledo Diretor	toledo@museu-goeldi.br	249-0477 249-1302
UEPA	José Castanho Gardunho Neto Diretor, SPD	castanho@uepa.br	244-7001 9984-2797
	José Roberto Vice-Diretor do Centro de Educação		
	Sílvio Romero Buarque	propesp@uepa.br	233-4138

	de Gusmão Pró-Reitor de Pesquisa e Pós-Graduação		244-5177
UFPA	Alex Bolonha Fiúza de Mello Reitor	alexfm@ufpa.br	211-1111
	Elói Luiz Favero Diretor, SECOM	eloi@secom.ufpa.br	211-1139
	Francisco de Assis Matos de Abreu Pró-Reitor de Planejamento	famatos@ufpa.br	211-1121
	José Augusto Furtado Real Coordenador administrativo, PoP-PA da RNP	real@pop-pa.rnp.br	211-1210
	Vanner Fernandes Vasconcellos Coordenador técnico, PoP-PA da RNP	vanner@pop-pa.rnp.br	211-1621
UFRA	Marcelo Malheiros	malheiros@ufra.edu.br	274-0900 9984-7009
	Waldenei Travassos de Queiroz Vice-Reitor pro tempore	waldenei@ufra.edu.br	274-1710
UNAMA	Almir Monteiro	almir@unama.br	
	Cláudio Alex Rocha	alex@cci.unama.br	
	Edilon D. Albuquerque	edilon@unama.br	
	Núbia Maria de Vasconcelos Maciel Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão	pppe@unama.br	210-3010
	José Ricardo da Silva Ferreira	ricardo@unama.br	

**Anexo 2**  
**Relação dos campi que poderão ser ligados em Belém e Ananindeua**

IPE	Endereço	Conexão atual
CEFET-PA	SEDE Av Almirante Barroso, 1155, Marco	512 kbps Embratel
	FILIAL BELÉM Rua Dom Romualdo	Sem conexão
CENP	SEDE BR 316, km 7, fundos, Levilândia - Ananindeua	Provedor de rádio
CEPLAC	SUPOR Rodovia Augusto Montenegro, km 7	
CESUPA	CAMPUS JOSÉ MALCHER Av. Governador José Malcher, 1963 – São Braz	6 Mbps, Telemar
	CAMPUS NAZARÉ Av. Nazaré, 630 - Nazaré	Fibra sendo instalada
	CAMPUS ALMIRANTE Av. Almirante Barroso, 3775 - Souza	
	LABORATÓRIO DE ANÁLISES CLÍNICAS - (integrado ao Centro de Ciências Biológicas e da Saúde) Rua Oliveira Belo, 458 - Umarizal	
CPRM	SEDE BELÉM Av. Perimetral	Rede CPRM, 64 kbps
EMBRAPA	EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/nº - Marco	Rede EMBRAPASAT 128 kbps
IEC	CAMPUS I Av. Almirante Barroso	512 kbps, Embratel 512 kbps, INFOSUS
	CAMPUS II BR 316, km 7, Levilândia - Ananindeua	512 kbps, Campus I
MPEG	CAMPUS DE PESQUISA Av Perimetral, 1901 - Terra Firme	34 Mbps, POP-PA (via rádio-enlace)
	PARQUE ZOOBOTÂNICO Av Magalhães Barata, 376 - São Braz	256 kbps, Telemar ao CAMPUS
UEPA	REITORIA Rua do Una Nº 156 - Telégrafo	512 kbps, PoP-PA
	Campus I - CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E EDUCAÇÃO Tv. Djalma Dutra s/n - Telégrafo	128 kbps a Reitoria
	Campus II - CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE Rua Perebebuí Nº 2623 - Marco	128 kbps a Reitoria
	Campus III - CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE Rua Primeiro de Dezembro Nº 817 - Marco	128 kbps a Reitoria
	Campus IV - CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E	128 kbps a Reitoria

	DA SAÚDE Av. José Bonifácio Nº 1289 - Guamá	
	Campus V - CENTRO DE CIÊNCIAS NATURAIS E TECNOLOGIA Travessa Enéas Pinheiro Nº 2626 - Marco	128 kbps a Reitoria
UFPA	CAMPUS DO GUAMÁ	14 Mbps, RNP
	CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE Av. Generalíssimo Deodoro, 01	
	NÚCLEO DE MEDICINA TROPICAL Av. Generalíssimo Deodoro, 92	
	HOSPITAL UNIVERSITÁRIO JOÃO DE BARROS BARRETO Rua dos Mundurucus, 4487	
	NÚCLEO PEDAGÓGICO INTEGRADO - NPI Av. Perimetral, s/n	
UFRA	SEDE Av. Presidente Tancredo Neves, nº2501 - Bairro Montese	1 Mbps, PoP-PA
UNAMA	CAMPUS ALCINDO CACELA Av. Alcindo Cacela, 287 Umarizal	6 Mbps, Embratel
	CAMPUS BR Rod. BR 316, km 3 - Ananindeua	via provedor de rádio
	CAMPUS SENADOR LEMOS Av. Senador Lemos, 2809 - Sacramento	via provedor de rádio
	CAMPUS QUINTINO Tv. Quintino Bocaiúva, 1808 - Nazaré	via provedor de rádio

### Anexo 3

#### Relação dos gastos informados com interconexão de campi em Belém e acesso Internet

IPE	Descrição sumária das conexões de rede	Custeio anual (R\$)
CEFET-PA	Conexão da sede à rede Embratel em 512 kbps	60.000,00
CENP	Conexão a provedor Internet via rádio	Não informado
CEPLAC	Não foi visitada	
CESUPA	Conexões internas e acesso Internet 6 Mbps	156.000,00
CPRM	Conexão à rede CPRM em 64 kbps (sem custeio local)	
EMBRAPA	Conexão à rede EMBRAPASAT a 128 kbps (sem custeio local)	
IEC	Conexão interna a 512 kbps + acesso Internet 512 kbps	36.000,00
MPEG	Conexão interna a 256 kbps; acesso PoP-RNP a 34 Mbps (sem custeio)	20.400,00
UEPA	Conexões internas a 128 kbps; acesso PoP-RNP a 512 kbps	50.000,00
UFPA	Conexões internas a 128 kbps; acesso RNP a 14 Mbps (sem custeio)	45.000,00
UFRA	Acesso PoP-RNP a 1 Mbps	43.200,00
UNAMA	Interconexões via provedor rádio, acesso Internet a 6 Mbps	240.000,00

#### **Anexo 4**

#### **Localização de subestações da CELPA**

---

<b>Subestação</b>	<b>Endereço</b>
GUAMÁ	Av. Celso Malcher, S/N - Terra Firme
JURUNAS	Rua dos Mundurucus, 1075 - Jurunas
MARCO	Av. 1º de Dezembro, 1294 - Marco
INDEPENDÊNCIA	Av. Gov. José Malcher, 2579 – Independência
PEDREIRA	Trav. Angustura, 2099 - Pedreira
UTINGA	Av. Rio Amazonas s/n - Coruçambá
REDUTO	Av. Assis de Vasconcelos, 164 - Reduto
MIRAMAR	Rodovia Arthur Bernardes s/n - Barreiro
ICOARACI	Rodovia Arthur Bernardes s/n - Tapanã
COQUEIRO	Rod.. BR-316 Pass. São Pedro s/n – Coqueiro
AUGUSTO MONTENEGRO	Rodovia Augusto Montenegro Km-08
ITORORÓ	Trav. Enéas Pinheiro, 3238 - Marco
ESCRITÓRIO CENTRAL	Av. Magalhães Barata, 209 - Nazaré