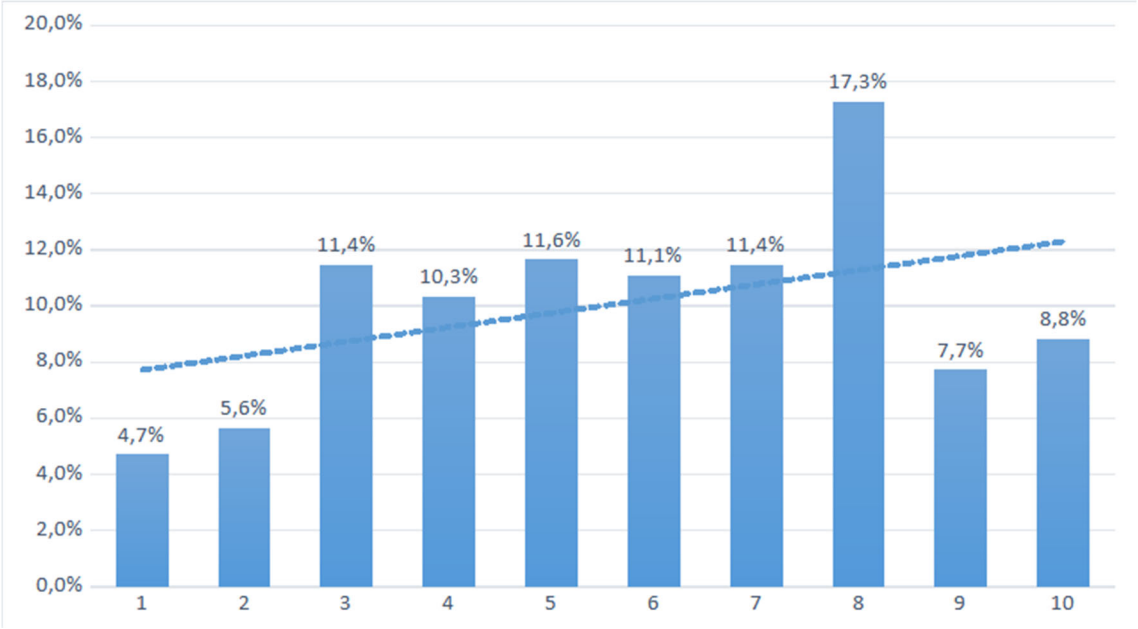
Gráfico 23: Nivel de acordo co enunciado "Os nosos gobernos promulgarán normas e leis que erosionarán a privacidade dos cidadáns e mesmo terminarán por restrinxir a nosa liberdade"



Como é fácil imaxinar, non é unha tarefa fácil cando as persoas traballamos diariamente con tecnoloxías emerxentes, carentes de regulación nos seus inicios, e alimentadas en gran medida polo cinema, a prensa, a televisión ou Silicon Valley. Todos somos os primeiros interesados, en calquera caso, en evitar que un algoritmo nos discrimine por ser como somos. As persoas que traballan en analítica de datos, tamén.

Hai innumerables espazos borrosos no despregamento da dixitalización, con todo, que levará un tempo dilucidar. No ámbito do consumo, o cidadán enfróntase a varios deses espazos. Convén lembrar, de feito, que como consumidores quizais comezamos a utilizar estas ferramentas fundamentalmente coa contratación de aerolíneas, hoteis e plataformas de mobilidade. Hoxe estendéronse a unha multitude de negocios, e pasaron de ser simples programas baseados en regras deseñadas por enxeñeiros de software, a mellorar por se mesmos de maneira continuada mediante a aprendizaxe por reforzo, de proba e erro, que inaugurou unha nova era na intelixencia artificial.

Un bo exemplo de como funcionan pode atoparse na fixación de prezos. Antigamente facíase mediante o regateo, pero isto obviamente retarda as compras. Outra maneira de fixar prezos foron as poxas. Con todo, cando se pregunta ao consumidor se prefire comprar entradas para un concerto mediante poxa ou facendo cola, a maioría prefire esta última opción. En xeral, os consumidores apreciamos os prezos fixos, que no noso país comezaron a xeneralizarse a partir da inauguración dos primeiros grandes almacéns nos

anos 30. Triunfan porque nos infunden confianza ao ser iguais para todos. O comercio on-line imitou esta maneira de proceder nos seus inicios. A comezos do século XXI, sen embargo, a cantidade de datos recolleitos nos servidores da internet era tan grade que se fixo posible calibrar as oscilacións da curva de demanda con gran precisión. De aquí aos prezos "a medida" houbo un paso. Isto faise frecuentemente a través do código postal, a hora do día, o número de consumidores conectados, o rexistro de procuras previas do consumidor, etc. Existen mesmo buscadores de hoteis que ofrecen habitacións máis caras aos usuarios de iPhone, ou que varían a orde dos resultados para que lles aparezan primeiro habitacións máis luxosas.

En principio, esta personalización é legal sempre que non se discrimine en función da raza, o xénero, a relixión, a orientación sexual, a nacionalidade ou a ideoloxía. Tampouco desde o punto de vista da análise económica é fácil establecer algunha crítica. Nunha economía de mercado, os bens e servizos valen o que as partes desexen cando deciden transaccionar. Certo é, con todo, que a "ética" deste proceder púxose a miúdo en cuestión, e de feito, a pesar da voluntariedade das transaccións, case o 90 por cento dos consumidores e consumidoras mostran reticencias a estas formas de fixación de prezos (Seele et al., 2021).

Sexa como for, demostrouse que os centros da dor do cerebro humano se activan cando as persoas ven un produto cun prezo excesivo, e é que a percepción dos clientes tamén importa (Karmarkar et al., 2015). O volume e a intensidade dos cambios de prezos envían sinais inequívocos aos compradores acerca dos valores dunha empresa, a calidade das súas ofertas, etc. No peor dos casos, os algoritmos poden chegar a converter a xa delicada tarefa de pedir diñeiro ao consumidor nunha experiencia que os afaste. Por iso é polo que a xestión da tecnoloxía de prezos non pode estar unicamente en mans dos científicos de datos (Bertini, 2021).

O descoido no deseño de algoritmos, en todo caso, pode danar a percepción que dunha marca ten o consumidor. Por iso, algunhas grandes empresas decidiron usalos non só para penalizar, senón para premiar aos clientes. En 2020, IKEA puxo en marcha unha nova iniciativa en Dubái. Permitiu aos clientes pagar diferentes prezos polos produtos en función do tempo que empregaron en chegar á tenda. En caixa, e despois de mostrar unha lectura do traxecto en Google Maps, facíaselles un desconto en función dos quilómetros percorridos. Na mesma liña pódese incluír o caso de Root Insurance, unha empresa de seguros de automóbiles de Estados Unidos. A aseguradora apostou por facer evidentes as

fluctuacións de prezos que marca o algoritmo. A diferenza dos seus competidores, Root non segmenta os prezos utilizando grandes grupos de risco xerados a partir de datos demográficos. O que fixo é ofrecer aos condutores unha aplicación para móbiles que mide o seu comportamento ao volante. Estes datos introdúcense nun algoritmo para calcular as puntuacións de seguridade individuais. Logo, Root basea as primas de seguros no desempeño diario e individual dos condutores monitorizado ao segundo.

Estas experiencias resultarán cada vez máis frecuentes e non están nin estarán exentas de polémica. Para algúns consumidores resultará invasivo; para outros será unha forma "xusta" e máis "precisa" de pagar. Estas maneiras de proceder na fixación de prezos non fixeron máis que comezar a súa andaina, e de feito investigadores da Universidade de Bolonia descubriron que algoritmos de diferentes compañías se poñen de acordo para elevar o prezo dos artigos. Estes algoritmos aprenden a colaborar sen comunicarse entre eles e, por suposto, sen ser programados para a colusión. Por iso tampouco deixan ningún rastro de acción concertada e, consecuentemente, introducen novos retos para a supervisión da competencia.

Non é doado prever que nos espera no futuro, en todo caso. Este mundo de posibilidades que se está abrindo ante nós parece apaixonante, e a idea de que cada vez necesitemos de máis disciplinas e diversidade para avanzar na boa dirección tamén o é, igualmente. Tal e como se expresou no apartado dedicado ao capital humano, a intelixencia artificial non se fará só con enxeñeiros, investigadores ou desarrolladores con perfil técnico (Bartl et al., 2018). Demándanse lingüistas, analistas, estatísticos, matemáticos, expertos en dereito do traballo, psicólogos, sociólogos, economistas… e crearanse novas profesións probablemente centradas no deseño da interacción humano-máquina, ou na auditoría de modelos intelixentes.

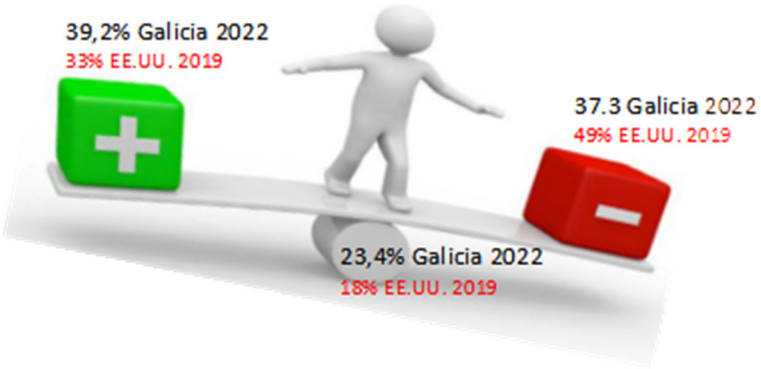
En definitiva, espérannos grandes cambios, quizais algún mesmo relativamente traumático pola rapidez do avance dixital, pero é importante salientar que son moitas as persoas traballando cada día para que a intelixencia artificial actúe para "facer o ben", particularmente no ámbito da organización da convivencia. Isto é perfectamente compatible coa adopción dunha postura prudente, porque a medida que se incrementen os procesos de dixitalización, aumentará tamén o territorio de risco.

Dende logo, se a situación en 50 anos reflectise a opinión dos galegos de hoxe, as cousas non terían por que ir moi mal. Para albiscar esta opinión "xenérica" recodificamos todas

as puntuacións dos enunciados para construir unha única escala de optimismo/pesimismo. É dicir, un 10 en nivel de acordo cun enunciado formulado de maneira positiva equivale a un 1 dun enunciado formulado de maneira negativa (os enunciados formuláronse así para evitar sesgos de inercia nas respostas). Un 9 nun enunciado positivo equivalería entón a un 2 nun enunciado negativo, un 8 a un 3, e así sucesivamente. Unha vez tendo todos os enunciados nunha única escala equiparable e coas mesmas agrupacións utilizadas en todo o texto (de 1 a 4, 5 e 6, e de 7 a 10), xa podemos ter unha aproximación rudimentaria, expresada na seguinte figura, ao nivel de optimismo/pesimismo da mostra de 533 galegos que atenderon a nosa enquisa. En vermello e letra máis pequena preséntanse tamén os resultados dun estudo sobre a mesma problemática e similares enunciados feito polo Pew Research Center (2020) nos EE.UU.

Como se pode apreciar, a opinión dos galegos parece inclinarse lixereiramente cara unha perspetiva optimista do impacto da dixitalización na democracia (39,2% vs. 37,3%). Estas cifras amósanse significativamente diferentes ás de Pew Research (33% de optimistas, e un 49% de pesimistas), aínda que é importante considerar a distinta natureza da mostra. Se no caso deste informe a mostra é representativa da poboación de galegos presentes en redes sociais, Pew Research traballa cunha mostra de conveniencia de expertos. É posible que o feito de consultar só a expertos resulte nun sesgo negativo dos resultados de Pew Research polo maior coñecemento das potenciais aplicacións das tecnoloxías. Tampouco hai que esquencer que o seu estudo de campo foi feito en 2019, xusto cando veu a luz o informe do FBI confirmando a intervención das comunicacións do Partido Demócráta por parte de Rusia para beneficiar a campaña de Donald Trump, e un ano despois de que un ex-empregado de Cambridge Analytica explicara como a empresa empregara datos de 87 millóns de usuarios de Facebook cos mesmos fins.

Gráfico 24: Nivel de optimismo e pesimismo (e indiferencia) sobre o impacto da transformación dixital na democracia



Sexa como for, o futuro non está escrito. Hai probablemente tantas posibilidades de alcanzar un mundo utópico como un distópico, e estas posibilidades dependen do que estamos a deseñar agora coas nosas decisións presentes. Somos unha xeración de transición, a cabalo entre un modelo económico e social que está a deixar de existir, e outro que aínda está por construír. Sen dubida seremos obxecto de gran atención por parte dos historiadores que, dentro de 50 anos, tratarán de explicar a traxectoria máis ou menos afortunada das sociedades nas que viven.

7 EMPRESA E COMPETITIVIDADE

Diego Carou, Lena Bischoff e Nahuel Depino Besada

7.1 Introdución

O rol das tecnoloxías da información e comunicación no desenvolvemento económico é obxecto de estudo dende hai décadas (Draca, Sadun e Van Reenen, 2007). Nun exercicio de simplificación con ánimo divulgativo, Satya Nadella (2017) -—CEO de Microsoft— vincula o crecemento económico a unha suma de educación máis innovación, que multiplica pola intensidade de uso da tecnoloxía. Este efecto multiplicador da tecnoloxía non dependería unicamente de obter tecnoloxía á que calquera podería ter acceso "só pagando"; sería preciso xerar capacidades tecnolóxicas de I+D+i nesas mesmas tecnoloxías, así como desenvolver rutinas de implementación que permitan empregalas con intelixencia e espremer todo o seu potencial. Isto é o que diferencia ás empresas líderes da dixitalización do resto. E aquí se localizan tamén as posibilidades rexionais de xogar un papel relevante nun contexto global.

O PIB GALEGO DE 2020 FOI DE 59.105 MILLÓNS DE EUROS NUN CONTEXTO NO QUE A FACTURACIÓN DE ALPHABET, MATRIZ DE GOOGLE, FOI DE 229.000 MILLÓNS DE EUROS

Pode resultar ilustrativo observar algunhas magnitudes de empresas que logran xuntar o conxunto de destrezas necesarias para liderar este proceso de dixitalización. Empresas coma Alphabet (matriz de Google), Amazon, Apple ou Microsoft, amosan unha capitalización maior que o PIB da maioría dos países. É preciso ter en mente a volatilidade dos mercados pero, Apple, por exemplo, tiña unha valoración nos mercados inferior soamente ao PIB de sete países (Digital Information World, 2021). Para os galegos, esta cifra atopa quizais unha mellor contextualización se lembramos que o avance do noso PIB de 2020 foi duns 59.105 millóns de euros (INE, 2022), cando unha empresa como Alphabet, non só tivo unha cifra de facturación que a multiplica por case catro (229.000 millóns de euros) (Cinco días, 2022), senón que ademais foi capaz de xerar beneficios netos de 67.141 millóns de euros, por riba do PIB galego. Na mesma liña, resulta

interesante destacar que só os negocios na nube (servidores, servizos e Azure) de Microsoft xeraron 23.400 millóns de dólares nun só trimestre (3º trimestre de 2021) (Computerworld, 2022). Dende o punto de vista do emprego, Microsoft daba traballo en 2020 a uns 163.000 traballadores, mentres que Google dispuña duns 135.000 (Statista, 2022). Todo o sector TIC galego, en contraste, estaba constituído en 2020 por 2.961 empresas e, no 2021, o sector daba traballo a 20.740 empregados (OSIMGA, 2022). Isto supón uns 7 traballadores por empresa, para unha facturación global de 1.711 millóns de euros en 2019 (provisional) (2,69 % do PIB galego).

TODO O SECTOR TIC GALEGO DOU EMPREGO EN 2021 A 20.740 PERSOAS, MENTRES QUE EN MICROSOFT E GOOGLE TRABALLAN 163.000 E 135.000 TRABALLADORES, RESPECTIVAMENTE

Pensar que o actual gap tecnolóxico se xerou exclusivamente por un grupo pequeno de empresas de enorme éxito nos últimos anos sería, porén, un grande erro. Así, cómpre facer unha reflexión histórica para comprender dun xeito axustado como foi posible o importante desenvolvemento tecnolóxico actual e, de xeito específico, o liderado das empresas estadounidenses. O traballo "*The Innovators: How a Group of Hackers, Geniuses, and Geeks Created the Digital Revolutio*n", de Walter Isaacson, fai un percorrido histórico, en particular, polo século XX. Nel identifícase claramente coma a tecnoloxía actual lle debe a súa existencia á participación dun conxunto de innovadores tanto do eido académico como do empresarial, cun importante pulo da administración pública (especialmente, o sector militar). Así, acadáronse fitos tecnolóxicos de relevancia coma o desenvolvemento do transistor, o microchip ou Internet (Isaacson, 2014).

Sexa como for, os avances tecnolóxicos dos últimos anos ofrecen ás empresas unha importante oportunidade de levar adiante unha transformación radical dos seus procesos e produtos que poderíamos clasificar en tres graos (Gráfico 25). Así, un primeiro nivel consiste na transformación de datos/información dispoñible en formato analóxico a formato dixital que, posteriormente, poden ser procesados dun xeito máis eficiente. O segundo nivel mostra unha maior implicación da empresa no proceso de modernización. Así, a dixitalización representa procesos de cambio nos que as empresas ou organismos

adoptan tecnoloxías dixitais para mellorar procesos existentes. Por último, a transformación dixital representa un avance sobre a dixitalización na medida en que vai alén da modernización dos procesos (Hanelt *et al.*, 2021). Representa un cambio de paradigma que afecta a catro prioridades fundamentalmente (Nadella, 2017): i) mellorar a experiencia dos clientes a partir dos datos, ii) capacitar aos empregados para unha maior colaboración e produtividade móbil, iii) optimización de operacións, automatizando e simplificando procesos de negocio; e iv) transformar produtos, servizos e modelos de negocio. A filosofía da transformación dixital vai, pois, alén da mera introdución de novas tecnoloxías baixo o convencemento de que a superioridade tecnolóxica non garante o éxito da transformación dixital (Kane *et al.*, 2019; Volberda *et al.*, 2021).

Gráfico 25: Etapas cara a transformación dixital



Fonte: https://quixy.com/blog/digitization-digitalization-and-digital-transformation/?p=17492

Este capítulo reflicte a preocupación por mellorar os dous grandes pilares da dixitalización: os recursos e as capacidades, dous termos que a miúdo se combinan vagamente e que teñen unha influencia diferenciada nas tres etapas cara a transformación dixital. Cómpre resaltar que a posesión de activos físicos, tecnolóxicos e humanos se identifica frecuentemente como o centro da xeración dunha vantaxe competitiva en dixitalización, cando en realidade son simples facilitadores para xerar capacidades distintivas que, estas si, reflicten a habilidade da empresa para que estes recursos interactúen de forma efectiva nun determinado entorno macroeconómico ou sectorial. A interacción dos recursos depende das decisións que se tomen no campo do modelo de negocio, a estratexia e as tácticas. En román paladino: a posibilidade de ter acceso a recursos tecnolóxicos punteiros pode facilitar a conversión analóxico-dixital e mesmo

unha parte importante do que vimos de chamar "dixitalización". Non é factible, porén, que só con recursos tanxibles se logre alcanzar a cima da transformación dixital. Polo contrario, a veces esa cima pode ser alcanzada coas capacidades correctas e mesmo sen os recursos tecnolóxicos de última xeración. Non obstante, é preciso subliñar unha idea do informe "*The digital transformation of SMEs*" (OECD, 2021) que é que dispor de tecnoloxías dixitais é unha panca para a adopción doutras novas. Isto ten importancia xa que pode servir a modo de círculo virtuoso para as empresas máis innovadoras, mais tamén coma círculo pernicioso para as menos dinámicas, acrecentando a fenda dixital, particularmente, entre as PEMEs.

A estrutura do capítulo divídese nas seccións seguintes. Os dous primeiros apartados centraranse nos recursos tecnolóxicos, ofrecendo unha imaxe estática recente da adopción de novas tecnoloxías para comprender mellor a situación xeral da transformación dixital do tecido galego. En concreto, na sección 2 abórdanse o tipo de tecnoloxías dixitais que podemos chamar "convencionais" porque, aínda que están en constante modernización, están presentes no mercado xa dende hai décadas. A sección 3, en contraste, céntrase nas denominadas pola Comisión Europea en 2019 como "Tecnoloxías Facilitadoras Esenciais (TFEs)" (*Key Enabling Technologies, KETs*) (Laibach *et al.*, 2019). Estas tecnoloxías son máis novidosas e están asociadas a unha alta intensidade de I+D, con ciclos de innovación moi rápidos, e aínda que requiren un alto investimento de capital, tamén xeran emprego altamente cualificado. Posteriormente, na sección 4 analízanse as capacidades das empresas e o seu papel na adopción de tecnoloxías. Neste senso búscase conectar a información obtida nas anteriores seccións coas capacidades empresariais. Finalmente, na sección 5 preténdese botar unha ollada ao futuro tratando de plantexar un posicionamento empresarial orientado á unha transformación dixital en permanente evolución ao redor da conectividade e ciberseguridade.

Os datos neste capítulo proceden fundamentalmente da "Enquisa sobre capacidades de I+D+i das empresas galegas" (Vázquez *et al.*, 2021), patrocinada polo Consorcio da Zona Franca de Vigo (CZFV). A mostra é representativa do conxunto de empresas galegas con 10 ou máis empregados cunha marxe de erro do 4,73% e un nivel de confianza do 95%.

7.2 Modernalización tecnolóxica a través da difusión de ferramentas dixitais convencionais

O esforzo por transformar as empresas do mundo analóxico ao dixital comezou hai xa varias décadas a través de solucións que neste informe se denominan "convencionais" e que, sen embargo, por suposto tamén evolucionan. Estas tecnoloxías considéranse indispensables para apuntalar aínda hoxe a competitividade das empresas. Resulta fundamental non perdela perspectiva do importante. Así, por moita importancia que poidan ter tecnoloxías máis disruptivas coma a fabricación aditiva ou a robótica avanzada, non se debe facer de menos a importancia de tecnoloxías xa maduras coma os ERPs (*Enterprise Resource Planning).* Por elo, é preciso seguir avanzando no despregue e modernización das tecnoloxías convencionais e a formación nelas.

NON TERÍA MOITO SENTIDO QUE UNHA EMPRESA ENFOCARA OS SEUS ESFORZOS A TECNOLOXÍAS AVANZADAS CANDO, EN CONTRASTE, NON TEÑA UNHA BASE SÓLIDA EN TECNOLOXÍAS CONVENCIONAIS XUNTO COAS CAPACIDADES REQUERIDAS

Non é trivial lembrar que as primeiras solucións de software con máis difusión tiñan como obxectivo facilitar tarefas rutineiras de funcións específicas como márketing, contabilidade, xestión de recursos humanos, xestión de proxectos e fabricación, etc. Estes sistemas comezaron a popularizarse durante a década de 1960, pero ofrecían obviamente unha funcionalidade limitada e non tiñan capacidade para integrarse con outras solucións. Posteriormente, na década de 1970, desenvolvéronse os sistemas de Planificación de Requirimentos de Material (*Material Requirements Planning*, MRP) para aumentar a produtividade garantindo que os materiais adecuados estaban a man ao tempo que se estimaban os niveis de inventario para satisfacer a demanda dos consumidores. Na década de 1980, a evolución natural destas solucións deu lugar aos sistemas de Planificación de Recursos de Manufactura (*Materials Resource Planning*, MRP II) para optimizar os procesos de fabricación. Tanto os sistemas MRP como MRP II serviron como precursores dos sistemas de Planificación de Recursos Empresariais (*Enterprise Resource Planning*, ERP), especialmente difundidos nos anos 1990. Estas solucións, tan relevantes hoxendía na vida cotiá de empresas industriais e de servizos, comezaron a dar soporte a unha

variedade de procesos de *back office*, como recursos humanos e contabilidade, así como procesos de *front office* (actividades cara o cliente e que xeran ingresos directamente, como o ámbito comercial ou das vendas). Foron necesarias ferramentas de planificación e integración máis sofisticadas como os sistemas de Xestión de Procesos de Negocio (*Business Process Management*, BPM), porén, para que as organizacións puidesen contar a finais dos 1990 (cando xa o *Lean Manufacturing* ou Seis Sigma alcanzaran certa difusión), co software de apoio á mellora da eficiencia dos seus procesos de negocio.

Pese ao desenvolvemento dun amplo conxunto de estratexias públicas para estimular estas tecnoloxías nos ámbitos europeo, estatal, rexional e mesmo local (OECD, 2019), a dixitalización non atopou un despregue igual de rápido e eficaz en todos os países. No caso español, por exemplo, o "Plan España Digital 2025" (Gobierno de España, 2021) suxire que o despregue da dixitalización está atopando dificultades nas empresas, especialmente nas PEMES, a pesar dos mellores datos en canto ao avance nas infraestruturas. As razóns polas que isto sucede son probablemente varias, tal e como sucede de feito coas dificultades para despregar máis eficientemente as capacidades de innovación nas empresas galegas.

Na "Enquisa sobre capacidades de I+D+i das empresas galegas", as empresas indican problemas de financiamento, falta de persoal cualificado, ou cuestións coma a dificultade para competir en mercados xa dominados por empresas establecidas como freos para a innovación. Ningunha destas cuestións está destacada por, aproximadamente, máis do 25% das empresas, polo que se pode afirmar que a problemática xurde con gran certeza dunha combinación de múltiples factores. Aínda que a enquisa analiza a innovación dende un punto de vista xeral, estas problemáticas son de seguro tamén de importancia no relativo á innovación dixital. O avance da dixitalización enfróntase a problemas similares porque as tecnoloxías dixitais actuais teñen incrementado notablemente a súa complexidade, estimulando ademais a súa complementariedade. Neste contexto, a adopción de novas tecnoloxías require de capital e habilidades de xestión cada vez máis sofisticadas (Nicoletti *et al.*, 2020), facendo así máis complicado atopar o modo de, finalmente, transformar o negocio a partires da tecnoloxía.

A enquisa do CZFV do ano 2021 indaga na introdución de tecnoloxías dixitais que se poden considerar como "convencionais" no tecido galego por medio da seguinte pregunta: "9. Durante o período 2018-2020, ¿adoptou a súa empresa algún dos seguintes

tipos de procesos novos ou mellorados que difiren significativamente dos procesos anteriores?" (Gráfico 26)

Os resultados da enquisa permiten identificar con claridade como unha porcentaxe elevada de empresas galegas está a investir e desenvolver tecnoloxías dixitais convencionais cun certo retraso e mesmo con urxencia condicionadas pola pandemia da COVID-19. Fundamentalmente, as tecnoloxías de maior adopción son as tecnoloxías orientadas aos servizos (A) e as de xestión (B). Especificamente, sublíñase como o maior esforzo semella encamiñado á mellora da conectividade das empresas cos clientes (comercio electrónico e redes sociais) e tamén aquelas orientadas a fomentar a accesibilidade, ubicuidade (sistemas de almacenamento e software na nube). Sen dúbida, a pandemia da COVID-19 ten exercido un importante efecto na estratexia dixital. Moitas empresas víronse obrigadas pola situación a xerar alternativas de traballo a distancia ou incrementar as súas actividades online de márketing e ventas. Ademais, o acceso á información e ao software tamén tende a esixir ubicuidade. Isto ten incrementado a utilización de solucións de computación na nube co obxectivo de garantir o acceso á documentación e información, e mesmo ao software co que poder traballar a distancia. Non obstante, debe terse en conta a importancia da conxuntura no referente, por exemplo, ao traballo a distancia. Así, este ten recuperado en gran parte o seu carácter presencial unha vez pasada a parte máis grave da pandemia (Observatorio Vodafone de la Empresa, 2021).

O ESFORZO EN INNOVACIÓN DIXITAL SEMELLA ORIENTARSE PREFERENTEMENTE CARA A SOLUCIÓNS DE MELLORA DA ACCESIBILIDADE E CONECTIVIDADE, POR RIBA DAS ORIENTADAS Á FABRICACIÓN E LOXÍSITICA

Un segundo matiz ten que ver ca tipoloxía de pregunta, xa que esta está orientada a coñecer se as empresas teñen introducido innovacións no período 2018-2020, que para o caso das tecnoloxías convencionais, especialmente, pode subestimar a situación actual das empresas. Non en balde, moitas empresas empregan sistemas de deseño e fabricación asistidos por computador, ou o software *Enterprise Resource Planning* (ERP), por exemplo, dende moito antes de 2018. Mesmo é preciso entender que, por exemplo, cando

unha porcentaxe elevada indica que están a introducir novos sistemas de deseño e fabricación asistidos por computador, non necesariamente quere dicir que non tiveran estes sistemas xa implantados. Probablemente indica que están a implementar novo software con funcionalidades melloradas ou actualizacións do existente.

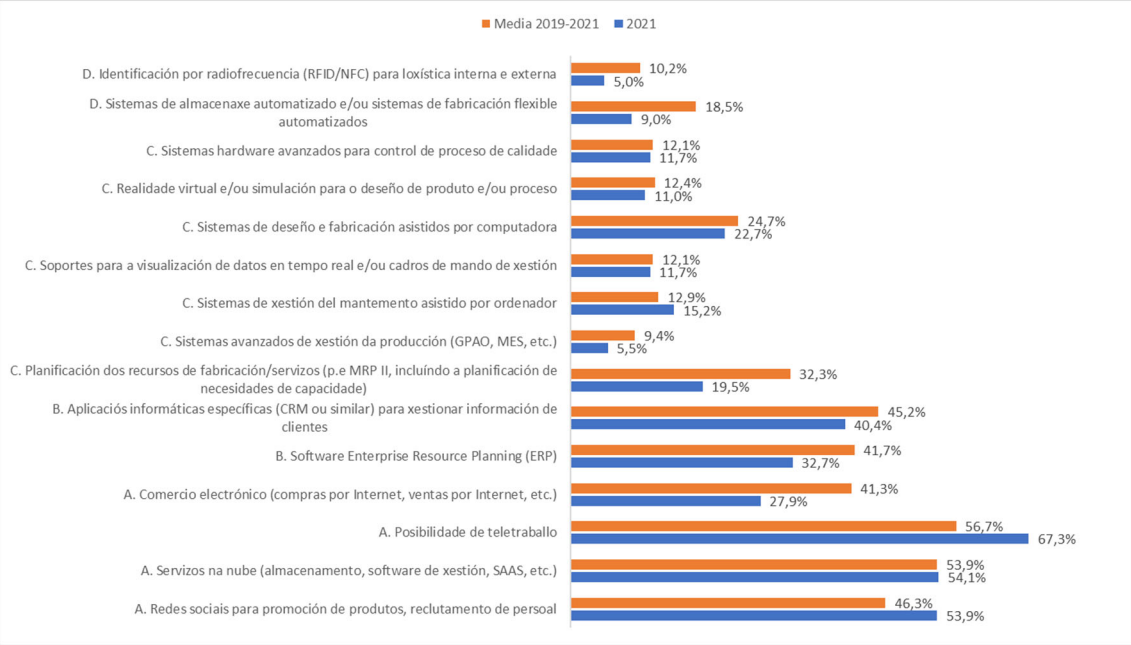
Adicionalmente, resulta oportuno lembrar que, aínda que o número de empregados da mostra de empresas é maior a 10, moitas son de reducida dimensión e, polo tanto, ou ben non contan con persoal cos coñecementos precisos para implantar esas tecnoloxías, ou sinxelamente poden descoñecer mesmo a súa existencia. É importante lembrar isto porque, detrás das baixas taxas de difusión dalgunhas ferramentas concretas, débese percibir a complexidade técnica que moitas delas presentan. Isto acontece a pesar de que as tecnoloxías dixitais convencionais teñen xa un longo percorrido na industria, entre outras cousas porque moitas delas se están a beneficiar das sinerxías con tecnoloxías máis innovadoras, tais coma as novas redes de comunicación, o *blockchain*, ou a computación na nube. Esta complexidade leva aparellada a necesidade de dispor de coñecementos de configuración de redes de comunicación, informática, programación, etc., que, se non existen internamente, poden ter asociados custos elevados de consultoría tecnolóxica.

Por outro lado, cando se atende ás tecnoloxías dos grupos C e D, orientadas á fabricación e á loxística, respectivamente, a porcentaxe para cada un dos indicadores sitúase por debaixo do 25%. Obviamente, as tecnoloxías dos grupos A e B pódense considerar coma transversais, mentres que estas están orientadas a tarefas específicas e, polo tanto, mellor orientadas a sectores concretos; e dende este punto de vista as diferencias entre bloques é a agardada. Particularmente, as solucións para a loxística son as que presentan porcentaxes máis baixos, probablemente debido a que as solucións RFID teñen xa longa tradición e as innovacións en sistemas de almacenamento ou fabricación son extremadamente complexas e custosas.

Outro asunto a destacar ten que ver coas tecnoloxías que poderían sustentar o avance da Internet das Cousas (*Internet of Things*, IoT) se as infraestruturas acompañan, especificamente, o despregue efectivo das redes 5G. Actualmente é OSIMGA (2020a) quen suxire que, en 2020, se emprega polo 27,1 ao 26,5% das empresas TIC de menos de 10 e máis de 10 empregados con sede en Galicia, respectivamente. Cando se atende ás empresas de máis de 10 empregados con independencia da súa actividade a porcentaxe baixa ao 18,6% (OSIMGA, 2020b). Unha parte importante destas respostas susténtanse probablemente sobre a utilización de medidores, lámpadas e termostatos intelixentes,

sensores, etiquetas RFID, cámaras controladas por Internet, etc, polos que adoita consultar o INE (2020) Todas estas tecnoloxías teñen xa unha longa tradición en moitos sectores. Sen embargo, unha concepción avanzada da Internet das Cousas está moi lonxe aínda destas solucións tipicamente de banda ancha fixa que permiten abordar retos preferentemente internos, en contraste coas solucións para contornas abertas e pechadas con banda ancha móbil que deberían aumentar o seu despregue no curto e medio prazo (Tsiatsis *et al.*, 2019).

Gráfico 26: Difusión das ferramentas dixitais "convencionais" segundo a enquisa do ano 2021 fronte á media das enquisas de 2019 a 2021



NOTA: A: Tecnoloxías orientadas aos servizos; B: Tecnoloxías de xestión; C: Tecnoloxías orientadas á fabricación; D: Tecnoloxías para a loxística

Fonte: Vázquez (2021).

7.3 A dixitalización asociada ao despregue das novas tecnoloxías facilitadoras esenciais

As Tecnoloxías Facilitadoras Esenciais (TFEs) representan a multidisciplinariedade por excelencia, e a súa utilización atravesa ademais moitas actividades e sectores de características realmente distintas (Sartal *et al.*, 2020). Van moito máis alá do estritamente dixital, pero a súa natureza susténtase sobre o avance da dixitalización. Este é o motivo polo que se abordan aquí conxuntamente.

As TFEs están no centro de produtos como as baterías de alto rendemento, os nanomedicamentos, os teléfonos intelixentes, os téxtiles intelixentes ou os vehículos lixeiros, por exemplo, que están a cambiar as regras de xogo na maneira de producir. Tamén o están no cerne das mudanzas na forma de consumir, por exemplo no lecer, se se atende aos novos métodos de transmisión de cultura mediante plataformas tipo Netflix, Playstation Now ou Spotify.

O estudo específico das TFEs responde, en consecuencia, ao seu carácter fundamental para a modernización da base industrial e o desenvolvemento de novos sectores en Galicia. Este conxunto de tecnoloxías ten fortes vínculos coas tecnoloxías dixitais máis avanzadas. De feito, o éxito das TFEs está sen dúbida condicionado polo desenvolvemento de múltiples tecnoloxías dixitais, por exemplo, para a captura e xestión de datos, para a mellora do proceso de toma de decisións mediante técnicas de procesamento avanzado de datos, ou para o procesamento de materiais novidosos e obtención de especificacións melloradas dificilmente posibles por métodos convencionais. Non é de estrañar, por tanto, que as TFEs se consideren fundamentais para obter produtos, procesos e servizos innovadores que faciliten o crecemento, a sostenibilidade e a xeración de emprego (Laibach *et al.*, 2019).

A enquisa do CZFV de 2021 pregunta concretamente polo nivel de competencias que as empresas consideran ter nos diversos campos que constitúen as TFEs. A pregunta concreta é a seguinte: "14. Indique se a súa empresa ten competencias significativas na utilización das seguintes tecnoloxías". As posibles respostas á pregunta inclúen un conxunto de seis TFEs. Ademais, permite, no caso de tecnoloxías de fabricación avanzada, concretar o tipo de tecnoloxía despregada segundo un novo conxunto de seis opcións de resposta.

No Gráfico 27 amósase a porcentaxe de empresas que indican ter coñecementos sobre as TFEs no ano 2020, e tamén a media no período 2018-2020 a modo de comparación. Estas porcentaxes son moi similares e mostran un certo estancamento. A escasa variación dos resultados resulta de especial interese tendo en conta que a composición das empresas que pertencen ás mostras pode sufrir importantes cambios de ano a ano.

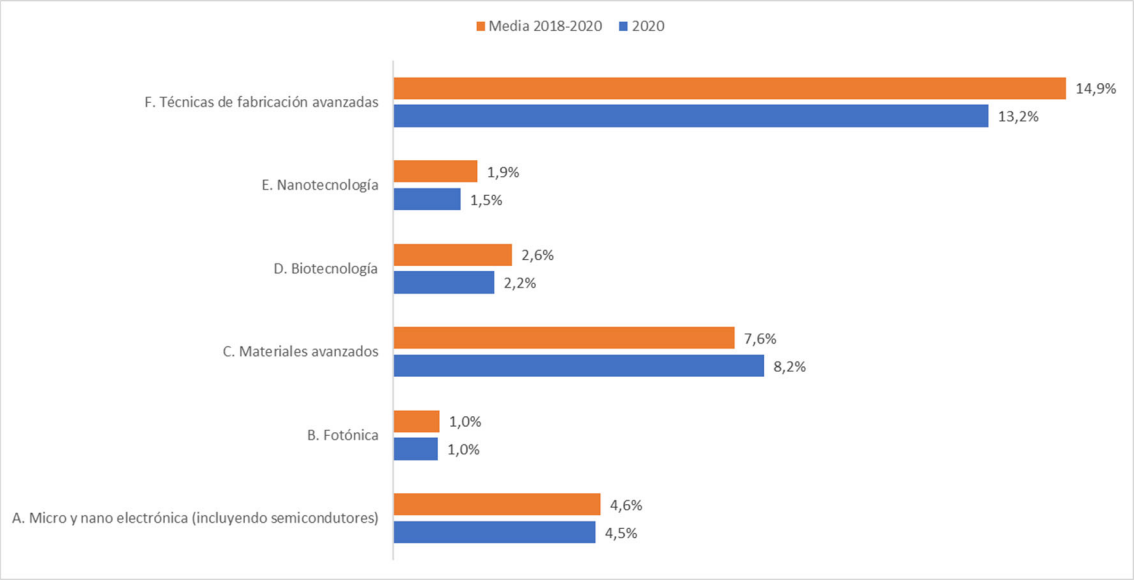
Os resultados amosan claramente unha maior importancia das técnicas de fabricación avanzada e os materiais avanzados, o cal reflicte o protagonismo do noso sector industrial. A interrelación entre as diversas TFEs podería facer que os campos das tecnoloxías avanzadas e materiais avanzados puideran exercer de panca para o crecemento doutras TFEs e, máis en xeral, para incentivar a innovación no sector manufactureiro.

AS TECNOLOXÍAS DE FABRICACIÓN AVANZADA E OS MATERIAIS AVANZADOS DEBERÍAN EXERCER UN PAPEL DINAMIZADOR DOUTRAS TFEs

O peso destas outras TFEs analizadas coma son a biotecnoloxía, fotónica, nanotecnoloxía, ou micro e nanoelectrónica é inferior ao 5%, o cal non pode considerarse doutro xeito que como unha presencia testemuñal. Non habería, pois, un tecido empresarial significativo asociado a estas tecnoloxías, moito máis aínda cando pode haber un posible efecto de sobreestimación das propias competencias ao preguntar ás empresas por un asunto que afecta á imaxe que queren trasladar delas mesmas. Non obstante, cómpre ter en conta que agás en rexións cunha moi alta especialización, a contribución das TFEs no tecido empresarial adoita ser baixo, aínda que o seu impacto poida ser más importante.

NANOTECNOLOXÍA E FOTÓNICA TEÑEN UN CARÁCTER TESTEMUÑAL AÍNDA NO SISTEMA EMPRESARIAL GALEGO

Gráfico 27: Tecnoloxías facilitadoras esenciais. Empresas con coñecementos en TFEs en 2020 fronte á media 2018-2020



Fonte: Vázquez et al. (2021).

As TFEs atópanse repartidas no conxunto das dezaoito actividades económicas analizadas na enquisa dun xeito non uniforme. Así, é preciso subliñar que un importante porcentaxe delas non destacan polo emprego deste tipo de tecnoloxías. Isto sucede particularmente coa fotónica, xa que soamente en tres das dezaoito actividades económicas analizadas aparecen empresas contestando positivamente.

A Táboa 47 presenta as principais actividades económicas asociadas ás TFEs. Ao carón da porcentaxe de difusión, engádese o número de empresas da actividade empresarial analizada, tentando así por en contexto a porcentaxe obtida. A principal conclusión é que son as técnicas de fabricación avanzada as que presentan as porcentaxes máis elevadas, poñendo de novo ao sector industrial como protagonista na difusión das TFEs. Mostras disto son actividades coma "Produtos químicos e derivados" e "Maquinaria e equipo". Outras actividades máis transversais, coma "Información e coñecemento" tamén se sitúan nos postos altos da clasificación (tres tecnoloxías). Sen dúbida isto ten que ver co feito de que boa parte deste sector está conformado por empresas de servizos avanzados (*knowledge intensive services*) dedicadas xustamente a difundir este tipo de tecnoloxías ao longo e ancho do sistema produtivo galego. Estas empresas son as principais xeradoras de derrames tecnolóxicos e de coñecementos (*spill overs*).

Táboa 47: Actividades empresariais e tecnoloxías facilitadoras esenciais

Micro e nanoelectrónica (incluíndo semicondutores)	Fotónica	Materiais avanzados	Biotecnoloxía	Nanotecnoloxía	Técnicas de fabricación avanzadas
Artigos de consumo: 28,6 % (7)	Información e coñecemento: 5,1 % (39)	Naval: 40 % (5)	Saúde y asistencia social: 28,6 % (7)	Artigos de consumo: 14,3 % (7)	Industria auxiliar: 37,5 % (16)
Maquinaria e equipo: 14,6 % (35)	Maquinaria e equipo: 2,9 % (35)	Produtos químicos e derivados: 25 % (8)	Produtos químicos e derivados: 12,5 % (8)	Agroalimentario: 3,4 % (29)	Téxtil, confección e moda: 33,3 % (6)
Información e coñecemento: 12,8 % (39)	Construción: 1 % (102)	Rochas e minerais: 20 % (5)	Agroalimentario: 10,3 % (29)	Información e coñecemento: 2,6 % (39)	Maquinaria e equipo: 25,7 % (35)

Fonte: Vázquez et al. (2021).

Profundando na análise destes datos, cabe resaltar que o escaso desenvolvemento das TFEs mostra unha situación preocupante para competir na economía actual, pero tamén ofrece unha grande oportunidade de mellora para a economía galega nos vindeiros anos. Non en balde, as oportunidades asociadas ás TFEs nun amplo número de campos poden estimular o investimento nelas. Por exemplo, pódense destacar oportunidades en fotónica nos campos do aeroespazo, dispositivos optoelectrónicos, enerxía alternativa, fibra óptica, láser, medicina, óptica ou telecomunicacións (Amsalu and Palani, 2020). No campo da nanotecnoloxía, as potenciais aplicacións pasan polos produtos de consumo coma cosméticos, medicina ou téxtil, onde ten atopado aplicacións no subministro de medicamentos e tratamentos terapéuticos (Rathore and Mahesh, 2021). As oportunidades da microelectrónica tampouco se ven limitadas polo feito de que sexa unha tecnoloxía xa de longo percorrido na industria. A evolución natural é a nanoelectrónica, é dicir unha redución das dimensións a unha millonésima parte dun milímetro. Aplicacións destacadas poden ser a robótica (Lin *et al.*, 2011) ou a computación cuántica (Gyongyosi and Imre, 2019). A microelectrónica tamén pode ser empregada conxuntamente con outras TFEs, coma por exemplo as tecnoloxías de fabricación avanzadas, particularmente a fabricación aditiva (Sochol *et al.*, 2018), ou os materiais avanzados, por exemplo, os nanomateriais

(Terna *et al.*, 2021). A biotecnoloxía, pola súa banda, ten múltiples usos para a obtención de novos biocombustibles, comida, fármacos ou produtos químicos (Silva *et al.*, 2020).

Non obstante, xerar tecido industrial nestas tecnoloxías non é algo sinxelo. Trátase de tecnoloxías intensivas en coñecemento e, por elo, o seu éxito depende fundamentalmente do esforzo en I+D e innovación fundamentalmente nas universidades, centros tecnolóxicos e empresas de servizos avanzados. Ademais, o éxito nestes campos decote se atopa no dominio non só dunha destas tecnoloxías, senón de varias. Este pode ser o caso da nano-fotónica (Amsalu e Palani, 2020), cunha complexidade que require dunha masa crítica significativa aínda por desenvolver no longo prazo en Galicia. Neste e noutros casos, as aplicacións potenciais das TFEs dificilmente poden ser desenvolvidas con gran éxito por empresas de xeito illado e, de feito, existen sobrados exemplos nos que o seu éxito nace da cooperación entre un número importante de axentes de orixe diversa.

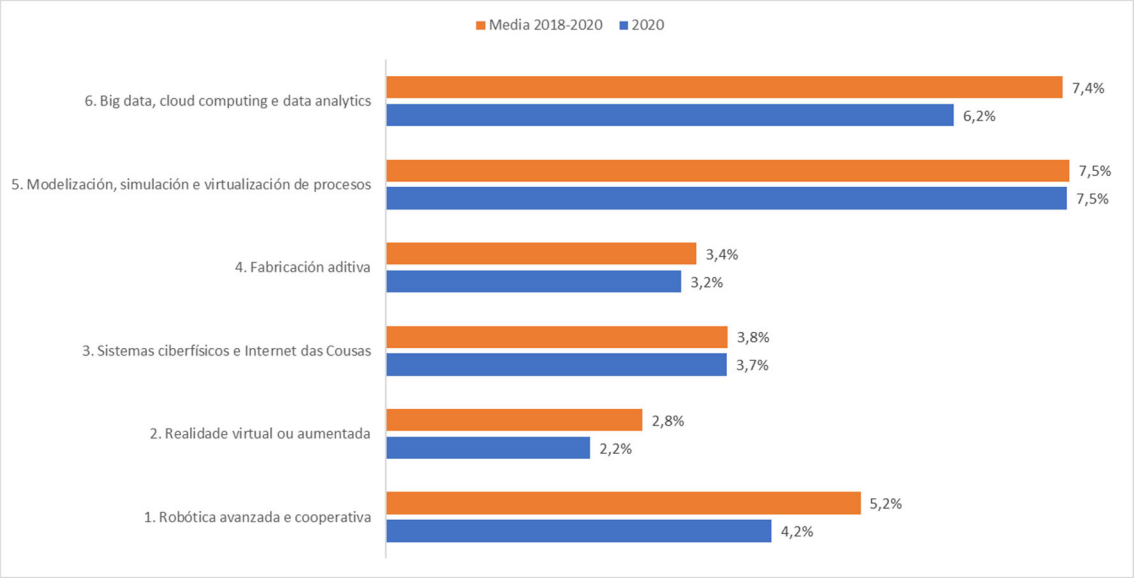
A rexión de Estocolmo/Uppsala, por exemplo, é un referente consolidado durante as últimas décadas no campo das biotecnoloxías e ciencias da vida, cun papel de referencia da Universidade de Uppsala e o Instituto Karolinska (Waluszewski, 2004). Nun ámbito territorial maior, Alemaña consolídase coma un referente na fotónica (GTAI, 2021). Este potencial sustentase en máis de 1.000 empresas, con 145.000 empregos asociados, xerados arredor dunha extensa rede de centros de investigación (Max Planck Institute, Fraunhofer Institute, Helmholtz Institute, entre outros). Os campos específicos da micro e nanoelectrónica teñen mesmo unha necesidade maior de orientación estratéxica, como claramente se está a percibir coa actual crise de subministración de chips a industrias críticas como o automóbil. Isto, ten as súas raíces na consolidación das fábricas de chips na Asia oriental (China, Corea do Sur e Taiwan) nas últimas décadas (Fraunhofer, 2018).

O papel da universidade, en todo caso, semella ser unha constante para o desenvolvemento destas tecnoloxías, non soamente para a xeración de coñecemento, senón para o xurdimento de empresas (*spin-offs*). Coma exemplo, pódese destacar o papel da ETH (Escuela Politécnica Federal de Zúrich, en Suíza) xerando 429 spin-offs no período 1973-2018, cunha clara orientación tecnolóxica en campos coma os materiais avanzados, a micro-nanotecnoloxía ou biotecnoloxía (ETH, 2018).

Deixando agora por un momento as TFEs xenéricas e centrándonos nunha delas, as tecnoloxías de fabricación avanzadas, cómpre reparar en que amosan unha taxa de

implantación máis elevada. En primeiro lugar, e con afán clarificador, é mester destacar que a porcentaxe en cada unha das seis categorías está por debaixo da porcentaxe de implantación de tecnoloxías de fabricación avanzada (que as aglutina a todas), xa que as empresas non necesariamente dispoñen do conxunto de tecnoloxías (poden ter implantadas unha, dúas...). En segundo lugar, resulta interesante destacar que a maior porcentaxe de empresas con competencias nestas tecnoloxías se atopa no campo da "modelización, simulación e virtualización de procesos" (7,5%). O "*big data*, *cloud computing* e *data analytics*" tamén amosa unha porcentaxe equiparable, por riba do 5%. Convén lembrar que o "Plan España Digital 2025" (Gobierno de España, 2021) establece coma obxectivo acadar no 2025 que o 25% das empresas empregue *big data* e intelixencia artificial, polo que queda aínda moito recorrido por diante. As restantes tecnoloxías xa amosan porcentaxes inferiores ao 5% en 2020. En definitiva, estas magnitudes proban que o sistema industrial galego ten no seu conxunto un grande espazo de mellora para desenvolver mellores competencias en tecnoloxías fundamentais para á transformación dixital.

Gráfico 28: Ferramentas de fabricación avanzadas



Fonte: Vázquez et al. (2021).

Naturalmente a situación das TFEs relativas á fabricación avanzada non ten por que ser a mesma en todas as cadeas de valor. Na Táboa 48 amósase por iso unha aproximación á diagnose por actividade industrial centrada nas tres máis importantes. Destacan de xeito claro actividades coma "Información e coñecemento" que se sitúa en primeira posición en tres das seis tecnoloxías, así coma "Produtos químicos e derivados" e "Maquinaria e equipo" que destacan en tres e catro tecnoloxías, respectivamente.

AS EMPRESAS DE SERVIZOS AVANZADOS, QUÍMICAS, E DE MAQUINARIA E EQUIPO AMOSAN MÁIS PROACTIVIDADE NA INTRODUCCIÓN DE NOVAS TECNOLOXÍAS DE FABRICACIÓN AVANZADAS

Táboa 48: Actividades empresariais e tecnoloxías de fabricación avanzadas

Robótica avanzada e colaborativa	**Realidade virtual ou aumentada**	**Sistemas ciberfísicos e Internet das Cousas**	**Fabricación aditiva**	**Modelización, simulación e virtualización de procesos**	***Big data*, *cloud computing* e *data analytics***
Produtos químicos e derivados: 12.5 % (8)	Información e coñecemento: 10,3 % (39)	Información e coñecemento: 12,8 % (39)	Téxtil, confección e moda: 16,7 % (6)	Información e coñecemento: 20,5 % (39)	Rochas e minerais: 20 % (5)
Industria auxiliar: 12,5 % (16)	Maquinaria e equipo: 5,7 % (35)	Maquinaria e equipo: 11,4 % (35)	Produtos químicos e derivados: 12,5 % (8)	Industria auxiliar: 18,8 % (16)	Información e coñecemento: 17,9 % (39)
Maquinaria e equipo: 8,6 % (35)	Pesca: 5,6 % (18)	Agroalimentario: 6,9 % (29)	Maquinaria e equipo: 11,4 % (35)	Téxtil, confección e moda: 16,7 % (6)	Produtos químicos e derivados: 12,5 % (8)

Fonte: Vázquez et al. (2021).

7.4 Alén do tecnocentrismo cara a transformación dixital: o pilar das capacidades organizativas

Tal e como se explicou máis arriba, unha vez revisados os recursos tecnolóxicos dixitais, é o momento de observar que sucede con algunhas das capacidades que condicionan a eficacia e a eficiencia con que se logra artellar a súa utilización. Nesta sección vanse a avaliar por iso as capacidades da empresa para facer interactuar de forma eficiente os recursos tecnolóxicos.

Cómpre reiterar primeiramente, porén, unha idea que transcorre como leitmotiv ao longo deste informe. Sen dúbida o papel das tecnoloxías dixitais é fundamental para acadar un tecido moderno con capacidade de competir na economía actual, pero non sobreestimando o rol da tecnoloxía en si mesma. É preciso evitar a perspectiva estritamente tecnocéntrica que implica ignorar a capa estratéxica e organizativa que envolve o desenvolvemento e o despregue destas tecnoloxías. Usai *et al.* (2021), por

exemplo, a partir de 345.421 empresas da Unión Europea, proban que as tecnoloxías dixitais non son unha panca que estimule directamente a innovación, senón que máis ben teñen un impacto indirecto na innovación a través doutras variables. Neste senso, aquí pártese da idea de que son as empresas cunhas maiores capacidades as que teñen unha posición de vantaxe que lles permite identificar tecnoloxías dixitais axeitadas, investir no seu desenvolvemento, e asegurar unha implantación eficiente que garanta non só a dixitalización de procesos senón a adaptación do seu modelo de negocio á nova realidade. Na análise das capacidades, comezaremos pola análise da estratexia competitiva, para logo indagar na sistematización da innovación e o esforzo de cooperación con outros axentes.

7.4.1 Estratexia competitiva e dixitalización

Anteriormente definíronse as capacidades como un reflexo da competencia das empresas para xestionar sinérxicamente os seus recursos financeiros, tecnolóxicos e humanos, con independencia da súa cantidade e calidade. O obxectivo é obter un rendemento superior ao estándar sectorial sobre a base dalgunha das catro dimensións xenéricas de vantaxe competitiva: calidade, eficiencia, innovación ou satisfacción do cliente en termos de personalizar o produto ou tempo de resposta. A dixitalización debe sustentar unha destas dimensións, particularmente as que permiten ofrecer unha característica exclusiva pola que o consumidor estea disposto a pagar un sobreprezo. As vantaxes en custos, tamén importantes, adoitan ter duracións temporais máis curtas (Banker, Mashruwala e Tripathy, 2014).

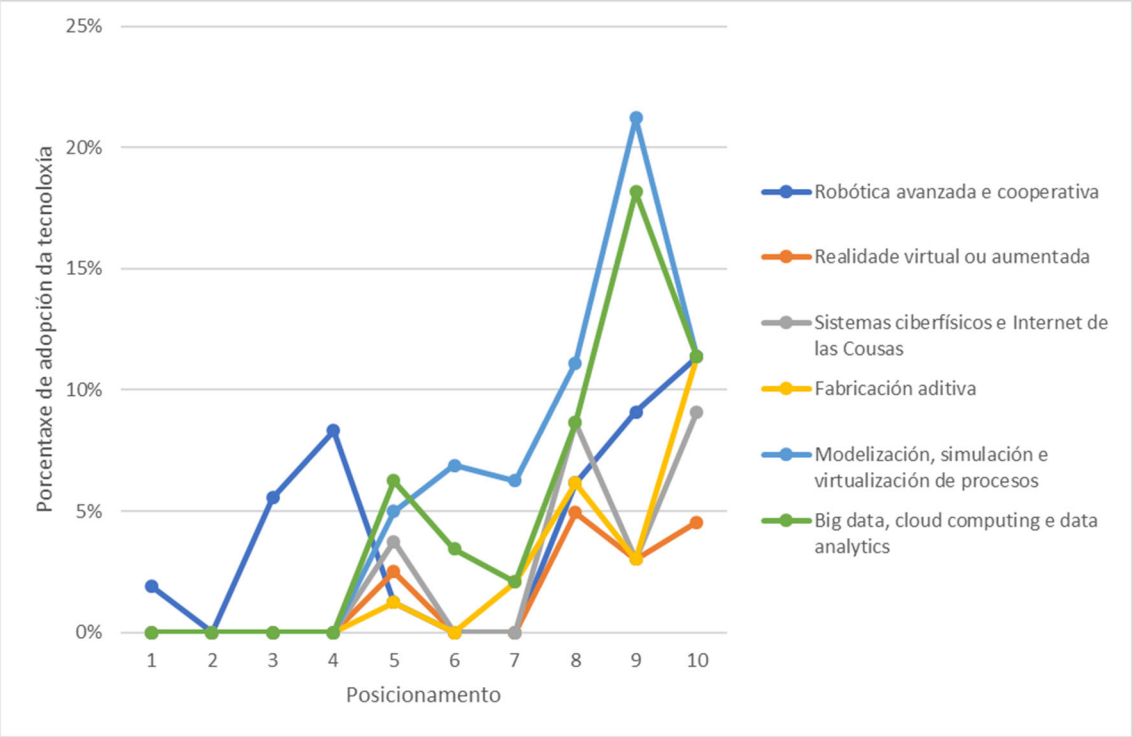
Neste contexto, avalíase a continuación que acontece coa estratexia competitiva e a adopción das tecnoloxías dixitais, atendendo soamente ás tecnoloxías de fabricación avanzadas por ter estas unha taxa de resposta minimamente significativa (as outras cinco tecnoloxías, como xa se analizou, amosan niveis de difusión máis ben testemuñais). Así, a enquisa do CZFV de 2021 pregunta pola opinión dos participantes respecto a "¿Que tipo de estratexia competitiva segue a súa empresa?", e as respostas poden tomar valores nunha escala de 0 a 10, sendo 0 unha estratexia orientada a custos e 10 a diferenciación.

AS EMPRESAS CON ESTRATEXIAS COMPETITIVAS DE DIFERENCIACIÓN SON MÁIS PROCLIVES A INTRODUCIR NOVAS TECNOLOXÍAS DIXITAIS

A análise amosa como a adopción de tecnoloxías dixitais está máis presente nos casos das empresas que teñen unha orientación á diferenciación (particularmente, para os valores de 8 a 10), aínda que se pode observar algún pico no relativo as solucións de robótica avanzada e colaborativa nas empresas orientadas a custos (Gráfico 29). Este último dato atopa unha explicación no feito de que existe unha xa longa tradición neste tipo de tecnoloxías cunha clara e estrita orientación á automatización de procesos. Por exemplo, no sector do automóbil galego, con grande presencia de filiais industriais centradas en minimizar custos de produción para unhas especificacións dadas, a robótica é un elemento familiar nas plantas dende hai cando menos 40 anos.

Máis unha vez, semella aconsellable facer un comentario sobre os resultados presentados xa que poden amosar unha sobreestimación das capacidades das empresas. Mesmo tamén cómpre atender aos epígrafes da enquisa. Así, por exemplo, a "fabricación aditiva" é un proceso de fabricación amplo dabondo que pode non dar mostra do nivel de avance tecnolóxico das empresas. É dicir, unha empresa pode ter capacidades en fabricación aditiva por medio de tecnoloxías de extrusión de material para xerar prototipos, que están lonxe das tecnoloxías máis avanzadas, por exemplo, para a impresión de metal. De igual xeito, a "modelización, simulación e virtualización de procesos" pode incluír dende a simulación dun proceso de mecanizado por medio de software de control numérico ata un sistema avanzado de simulación mediante xemelgos dixitais (*digital twins*).

Gráfico 29: Ferramentas de fabricación avanzadas: conxunto de empresas fronte estratexia competitiva en 2020



Fonte: Vázquez et al. (2021).

7.4.2 Sistematización da innovación e novas tecnoloxías dixitais

A maior parte da literatura académica e informes públicos e privados abordan a dixitalización como unha panca da innovación. A idea central é que as novas tecnoloxías dixitais están a mudar as metodoloxías que inciden na capacidade innovadora das empresas (Rachinger *et al.*, 2019). Dende a propia concepción e deseño de produto, pasando polas probas, a industrialización, a distribución... ata o propio cambio do modelo de negocio da empresa. O distinto enfoque neste informe é, porén, complementario. Dado que o obxectivo final é estimular unha dixitalización intelixente, a perspectiva aquí é a de concibir a propia sistematización da innovación típica, por exemplo, da familia de normas UNE 166000, como un piar chave na creación de capacidades para estimular a transformación dixital.

A dixitalización é imprescindible para soster os procesos de innovación, por exemplo na captura de datos en tempo real para adaptar a produción á subida ou baixada da demanda, ou na virtualización de procesos para probar produtos sen necesidade de facer prototipos ou mesmo preseries. Simultaneamente, porén, as rutinas de innovación (auditorías

internas, deseño de estratexias tecnolóxicas e de innovación, orzamentos, vixilancia tecnolóxica, xestión de proxectos...) tamén son indispensables para poder aspirar a unha transformación dixital que contemple o conxunto do modelo de negocio, non só aspectos concretos asociados a un departamento, ou a un proceso moi específico dentro dun deses departamentos.

Tal e como xa se explicou, os procesos de innovación e dixitalización requiren normalmente cambios simultáneos de carácter tecnolóxico e organizativo. Ambos interactúan e se retroalimentan cada vez que unha empresa, entidade pública ou organización non lucrativa decide mudar o seu modelo de xestión ou cando, sinxelamente, se realizan cambios menores en procesos internos no ámbito produtivo, no márketing, na xestión de recursos humanos, etc. Aquí farase fincapé, sen embargo, na influencia que teñen a cultura e as rutinas de sistematización da innovación nas posibilidades de despregar unha dixitalización intelixente (Martínez-Caro *et al.*, 2020) que, ademais, evite a automatización de actividades sen valor engadido (Sartal e Vázquez, 2017). Con moita frecuencia, de feito, realízanse investimentos en automatizar procesos que están mal deseñados dende o punto de vista organizativo; nestes casos, a automatización non soluciona a falta de eficiencia, senón que a agocha.

No Gráfico 30 amósanse algúns resultados interesantes sobre a asociación que mantén a sistematización da I+D+i coas competencias en tecnoloxías de fabricación avanzadas. A variable constrúese a partir dunha pregunta na que as seguintes metodoloxías e técnicas poden estar "formalmente sistematizadas, pero aínda con dificultades (nivel 4)" ou ben que "se aplican habitualmente, perfectamente sistematizadas e coa correspondente formación (nivel 5)":

A. Definición da estratexia de I+D+i (intelixencia competitiva, análise de escenarios; matrices de carteira de produtos, auditoría de innovación, UNE 166002, UNE 166006).

B. Xeración e selección da carteira de proxectos a implementar (formulación de novas ideas vía técnicas como *brainstorming* ou SCAMPER; avaliación de proxectos cualitativa ou cuantitativa...).

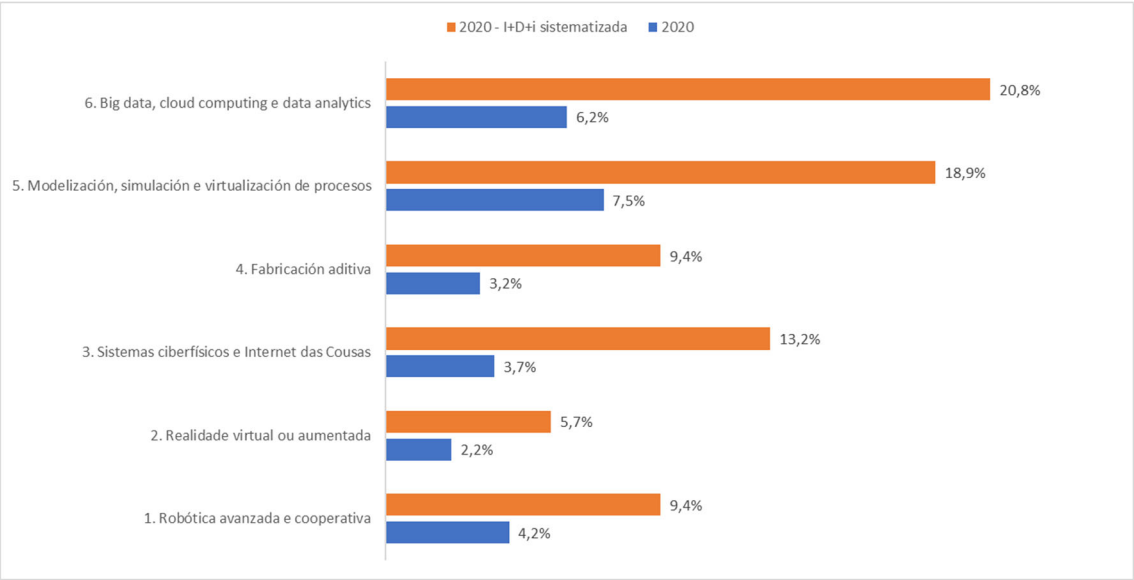
C. Deseño do despregue de proxectos (estimación orzamentaria, asignación de responsabilidades, calendarización, UNE 166002...).

D. Seguimento, protección e transferencia de resultados de I+D+i (KPIs, cadro de mando, protección industrial...).

A SISTEMATIZACIÓN DA INNOVACIÓN LEVA APARELLADA UNHA MAIOR ADOPCIÓN DE TECNOLOXÍAS DIXITAIS

No Gráfico 30 pódese observar que as empresas con I+D+i sistematizada aos máximos niveis (4 e 5) amosan unha asociación significativa con maiores competencias en dixitalización avanzada. De feito, as porcentaxes máis que se duplican en tódalas categorías. Se esta asociación representa unha relación de causalidade que vai da dixitalización á innovación, ou viceversa (tal e como se suxire aquí), sería algo a contrastar empiricamente noutro informe doutras características. Co afán divulgativo que caracteriza este traballo e tras a reflexión inicial deste apartado, porén, non resulta arriscado soster que a sistematización da innovación está na base de calquera expectativa de difusión da dixitalización e, sobre todo, da transformación dixital. Esta afirmación é perfectamente compatible co feito de que o avance no *big data* ou na virtualización de procesos, por exemplo, teña un efecto recíproco positivo (presentando así unha relación de causalidade inversa) sobre a capacidade de innovación. En calquera caso, é importante reparar que na gráfica se analiza exclusivamente a sistematización da innovación, non de resultados de innovación. Este feito debe axudar a centrar a perspectiva principalmente na relación que pon á sistematización da innovación como causa do despregue de novas tecnoloxías dixitais.

Gráfico 30: Ferramentas de fabricación avanzadas: conxunto de empresas fronte empresas coa I+D+i sistematizada en 2020



Fonte: Vázquez et al (2021).

7.4.3 Cooperación con outros axentes

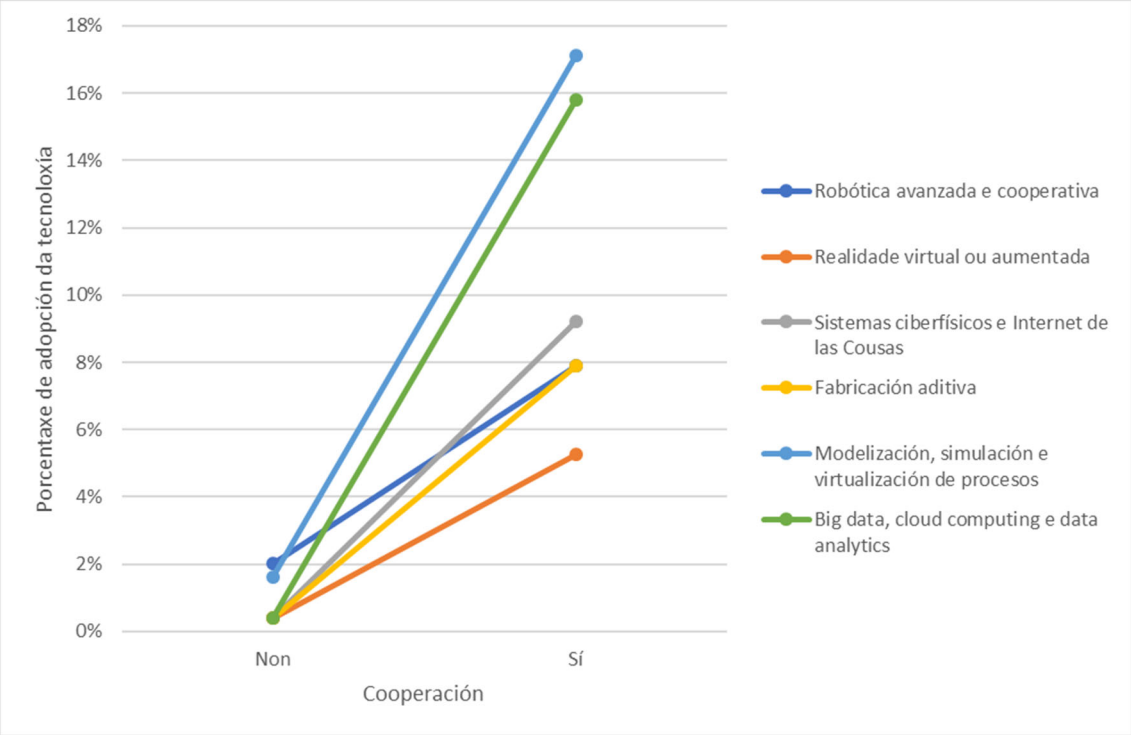
Non resulta moi novidoso afirmar que a cooperación entre empresas e outras entidades, como universidades ou centros tecnolóxicos, adoita ter un efecto positivo na actividade empresarial (Chesbrough, 2003). Mesmo cando un proxecto de cooperación non xera os resultados esperados, o propio proceso adoita provocar en si mesmo derrames de coñecemento dunhas entidades a outras que pouco a pouco logran mellorar os xenes da organización, é dicir, as súas rutinas.

OS DATOS CONFIRMAN QUE A COOPERACIÓN SEMELLA SER UN ELEMENTO FUNDAMENTAL CO QUE PODER TRANSITAR POLO CAMIÑO DA TRANSFORMACIÓN DIXITAL

A continuación preséntase a asociación entre a cooperación e a introdución de tecnoloxías de fabricación avanzadas. A enquisa pregunta se a empresa cooperou no período 2018-2020 con algún socio nalgunha das súas actividades de innovación (con outras empresas do grupo, clientes, provedores, universidades...). Aquí agréganse as respostas, sen ter en conta o tipo de socio, para construír unha única medida de cooperación. Así, con moita

claridade, pode observarse un gran incremento na adopción das distintas tecnoloxías para as empresas que teñen unha dinámica de cooperación destacable (Gráfico 31). Isto sucede tanto porque as empresas máis proclives a cooperar adoitan ser tamén as máis dinámicas en moitos outros ámbitos da xestión, como a dixitalización, así como porque, sen dúbida, moitos destes esforzos de cooperación teñen que ver coas propias tecnoloxías dixitais (Lee e Miozzo, 2019; Petra e Alexander, 2021). Os casos da "robótica avanzada e colaborativa" e do "*big data*, *cloud computing* e *data analytics*" poden ser bos exemplos disto, considerando que dificilmente as empresas teñen todos os coñecementos para desenvolver por si mesmas a implantación deste tipo de solucións.

Gráfico 31: Ferramentas de fabricación avanzadas: conxunto de empresas fronte empresas que cooperan en actividades de I+D+i no período 2018-2020



Fonte: Vázquez et al (2021).

7.5 Máis alá do paradigma actual de transformación dixital

Nas anteriores seccións vense de presentar unha análise de situación do despregue das ferramentas dixitais convencionais e das novas tecnoloxías facilitadoras esenciais, así como da relación existente entre as capacidades organizativas e as actividades de innovación en tecnoloxías dixitais. Certamente, unha das primeiras ideas que cómpre ter

presente é a importante fenda existente entre as principais empresas e o conxunto do tecido galego. En particular, as PEMEs teñen oportunidades de mellora neste campo que lles permitirían adquirir novas capacidades coas que aumentar a súa competividade.

Nesta situación, unha das primeiras estratexias que barallan os deseñadores de políticas públicas en calquera territorio é a de xerar un roadmap, un esquema estandarizado para todo tipo de empresas (*one size fits all*) cos pasos axeitados para afrontar a transformación dixital. Non é evidente, porén, cal debe ser o punto final deste *roadmap*, se é que existe, porque non se trata dun problema pechado cunha única solución. Polo tanto, o cumio da pirámide mostrado na figura 1 non é un punto final no que unha empresa adquira unha condición suficiente para garantir o seu éxito no medio e longo prazo. Ademais, existen múltiples camiños, múltiples posibilidades en función da natureza e das características específicas de cada empresa. De feito, unha estratexia de transformación dixital de éxito para unha empresa determinada dificilmente pode ser trasladada a outra e acadar o mesmo nivel de desempeño dixital.

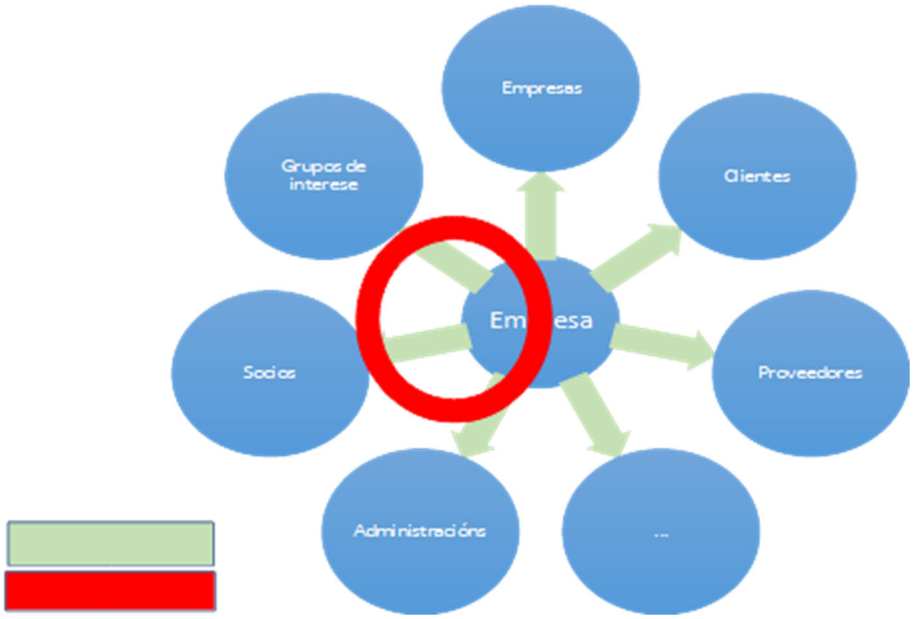
MÁIS QUE UN CAMIÑO PARA A TRANSFORMACIÓN DIXITAL, PODERÍA DICIRSE QUE O PRECISO É PLANTEXAR UN CAMIÑO PARA ESTAR EN PERMANENTE TRANSFORMACIÓN DIXITAL

Quizais por elo conveña facer fincapé en que o destino da transformación dixital non é outro que o de deseñar capacidades dinámicas que manteñan á empresa nun estado permanente de cambio, semellante ao concepto xaponés de mellora continua (*kaizen*). Deste xeito, máis que un camiño para a transformación, podería dicirse que o preciso é trazar un camiño para estar en permanente transformación. Este marco de actuación permite entender que, aínda que poida ser útil no curto prazo enfocar os próximos retos como un problema de xeración de vantaxes competitivas vía tecnoloxías da Industria 4.0, en realidade xa estamos entrando nun novo paradigma impulsado por tecnoloxías dixitais como o *blockchain* (Tapscott e Tapscott, 2016) ou a computación cuántica (Google, 2019), so como exemplo.

Novamente aquí interesa retomar un dos leitmotivs do capítulo. A transformación dixital non consiste en investir nunha tecnoloxía, nun software, etc., nin tan sequera unicamente

en desenvolver capacidades internas para obter rendementos destas tecnoloxías. A transformación dixital debe convertese nun enfoque estratéxico, coñecedor da complexidade da tecnoloxía actual e das múltiples interaccións entre, por exemplo, capacidades organizativas e tecnoloxías. Así, o "estado" de continua transformación dixital correspóndese fundamentalmente con un tipo de rutinas e cultura empresarial que atendan ao binomio conectividade-ciberseguridade amosado no Gráfico 32. Así, debe desenvolverse unha idea ampliada da conectividade que se distancie do tópico "estar en Internet", tan presente no imaxinario de moitas PEMEs. E, como consecuencia do anterior, é imprescindible apostar pola ciberseguridade como mecanismo de protección.

Gráfico 32: Esquema do binomio conectividade-ciberseguridade para unha empresa



Fonte: Elaboración propia.

7.5.1 Conectividade

A conectividade é un dos elementos fundamentais dentro da economía dixital. Internet ten facilitado a conexión instantánea entre persoas, persoas e empresas, e entre empresas. Isto fai que sexa un importante elemento para competir nunha economía global aberta 24/7/365 (Falciola *et al.,* 2020); un elemento que vai alén da utilización de Internet, sen máis, porque o contexto no que se presenta a transformación dixital require dunha visión máis ampla do concepto de conectividade. Neste sentido, cómpre lembrar que é unha realidade que neste contexto a mesma natureza da competición e colaboración teñen

mudado (Volberda *et al.,* 2021). Estar conectado supón xerar relacións axeitadas con tódolos grupos de interese e así poder visualizar as oportunidades de transformación dixital, ter acceso as tecnoloxías nas mellores condicións e aos socios máis axeitados para a súa implantación.

Un dos aspectos principais da conectividade é atender a como as empresas se conectan cos seus clientes existentes ou potenciais para darlles o mellor servizo. Isto pode esixir o desenvolvemento de novos modelos de negocio asociados a actividades dixitais que ata o de agora non eran obxecto de interese para a empresa. O novo entorno dixital está a xerar novos modelos de relación con clientes, competidores, provedores, etc. Así, por exemplo, as plataformas online de márketing (ex., Google, Youtube), *e-commerce* (ex., Amazon, E-bay) ou servizos de entrega (ex., Deliveroo, Uber Eats) están a ofrecer ás PEMEs oportunidades para corrixir os seus problemas relativos ao tamaño e beneficiarse mellor da transformación dixital (OCDE, 2021). Por outra parte, é preciso que as empresas teñan a capacidade de adaptarse de xeito rápido ás necesidades cambiantes dos distintos axentes, adoptando novos mecanismos de transaccións dixitais. Finalmente, mesmo cando unha empresa ten claro o desenvolvemento dunha nova liña de negocio pode ser que as súas capacidades non sexan suficientes. Por elo, é importante a conexión das empresas co tecido de innovadores e *start-ups* dixitais. Estas empresas adoitan estar na vangarda do coñecemento en campos moi especializados, polo que a colaboración con estes axentes resulta fundamental.

Neste contexto, nas vindeiras seccións atenderase (i) aos novos modelos de negocio que están a aparecer e permiten ás empresas mellorar as súas proposicións de valor, (ii) ás transaccións dixitais que permiten xerar novas relacións con distintos axentes, e (iii) ao emprendemento dixital que pode resultar fundamental para o desenvolvemento de solucións e estratexias de transformación dixital.

7.5.1.1. Os novos modelos de negocio

As tecnoloxías non soamente permiten mellorar os modelos de negocio das empresas, se non que permiten xerar novos modelos cos que poden incrementala súa competitividade. Por exemplo, a intelixencia artificial representa unha tecnoloxía central para transformar múltiples actividades empresariais. En concreto, os datos de comportamento do consumidor poden permitir obter un mellor coñecemento do mercado e, deste xeito, deseñar estratexias de márketing máis eficaces (Galloway, 2018; Kotarba, 2018; Michalik *et al.*, 2018). Por iso a captura de datos é fundamental na contorna da 4ª Revolución Industrial.

Esta captura de datos faise a partir da "sensorización" das actividades empresariais. É dicir, a disposición de sensores de diversa natureza que permiten capturar un gran número de datos dende distintas fontes. Así é como poden xurdir, mediante a Internet das Cousas, novos modelos de negocio (Tsiatsis et al., 2019) a partir da analítica de datos e das relacións empresa-empresa. No eido aeroespacial, concretamente, hai importantes desenvolvementos en *big data* e a analítica de datos. Exemplos como o Skywise de Airbus poden ser ilustrativos da importancia do dixital e do poder que estes campos teñen para a xeración de novas liñas de negocio para compañías fortemente vinculadas ao "material" no imaxinario colectivo (Carou, 2021). Un exemplo disto o ofrece Rolls Royce co seu "R^2 Data Labs Ecosystem" (Rolls Royce, 2022). Esta estratexia empresarial pon no centro os datos para ofrecer valor ao ecosistema, aos grupos de interese, de Rolls Royce. Outro exemplo pode ser a creación de GE Digital por parte de General Electric (www.ge.com/digital).

A filosofía *maker* tamén pode ser de interese para observar como novos modelos de negocio poden xurdir arredor do dixital. 3D Robotics pode ser unha boa mostra. Esta empresa, fundada por Chris Anderson e Jordi Muñoz, tiña coma unha das súas principais diferenzas o enfoque de innovación aberta. Este modelo permite liberar barreiras xeográficas e burocráticas para cooperar no desenvolvemento tecnolóxico no entorno Web (Anderson, 2012). Así, o modelo de desenvolvemento proposto por 3D Robotics permitía unha conexión con usuarios, desenvolvedores, ou investigadores que, finalmente, puñan o seu tempo e talento a disposición dos obxectivos e retos da empresa.

7.5.1.2. As novas transaccións relacionadas coas TIC

Bill Gates (1996) confronta a metáfora de Internet coma "autopista da información" para concibila como un mercado no que o medio de cambio é a información dixital. Certamente, diversas iniciativas apuntan neste senso. Unha ben clara, por exemplo, é a adopción do pago por uso, non só no nivel de usuarios senón tamén para as empresas cando optan por acceder á potencia de computación segundo as necesidades, ao almacenamento ou ao software na nube. As criptomoedas son outro bo exemplo disto, dado que se trata de medios de cambio completamente dixitais que substitúen ás divisas tradicionais. O papel destas moedas e a súa interacción coa economía tradicional están aínda a ser obxecto de estudo, pero o camiño parece moi aberto á vista da posibilidade de mercar vehículos Tesla con bitcoin (DW, 2021), ou mesmo a iniciativas como a adopción deste tipo de moedas en El Salvador. Certo é, porén, que a enorme volatilidade dos mercados de criptomoedas pode comprometer o seu avance. Neste senso, en maio de 2022 a capitalización das principais criptomoedas tense reducido substancialmente dende os seus máximos de 2021.

Outra das tendencias de interese máis recentes son os *tokens*, que poden ser implementados en *smart contracts* nas redes *blockchain* e permiten relacionar activos reais con activos dixitais (Mazzei *et al.*, 2020). Este tipo de aplicacións xorden a partir de desenvolvementos tecnolóxicos que van máis alá da *blockchain* do bitcoin. Neste senso, resulta interesante o proxecto Ethereum, desenvolto por Vitalik Buterin, quen creou unha plataforma de desenvolvemento de propósito xeral que permite avanzar na denominada tokenización (Chen, 2018). O desenvolvemento dos *tokens* permiten, por exemplo, xerar novos modelos de financiación por medio das *initial coin offerings* (ICOs). A tokenización está comezando a popularizarse tamén debido aos rechamantes e custosos acordos de compravenda de bens dixitais por medio dos *tokens* non funxibles (*Non-fungible token*, NFT). Por último, os *smart contracts* son tamén unha importante tendencia cun enorme potencial e amplas vantaxes para numerosas aplicacións que van dende a loxística á sanidade pasando por aplicacións industriais coma a fabricación aditiva, a negociación de enerxía ou o sector da automoción (Hewa *et al.,* 2021).

7.5.1.3. O emprendemento dixital

O coñecemento relacionado coas novas tecnoloxías dixitais é moi diverso, complexo, e por iso require un alto nivel de especialización. Ademais, este conxunto de tecnoloxías está interrelacionado con diversas áreas do coñecemento dende a informática ás telecomunicacións, pasando pola enxeñarías eléctricas, electrónica ou mecánica. Non é nada doado que unha única empresa, por si soa e por moi grande que sexa, teña a capacidade de liderar completamente o proceso de desenvolvemento.

Non é só unha cuestión de dominar os coñecementos requiridos para desenvolver tecnoloxías, sen embargo, é fundamental poder chegar ao mercado cun certo nivel de éxito. Meta (antiga Facebook) pode ser un exemplo dunha empresa que dispón de capacidade tanto en recursos humanos coma financeiros pero mesmo con dificultades para liderar tódolos desenvolvementos tecnolóxicos da súa "área", isto é, as redes sociais, ou a comunicación. Así, Whatsapp ou Instagram foron aplicacións que acadaron importantes cotas de negocio e polas que Meta fixo importantes desembolsos para mercar directamente o seu coñecemento, o seu produto e a súa carteira de clientes (Galloway, 2018; The Guardian, 2020). Outro exemplo máis próximo pode atoparse, por exemplo, en Telefónica (https://techventures.telefonica.com/). Neste caso, a través de Techventures, a empresa tenta estar conectada co que está a acontecer no eido do emprendemento dixital dentro das súas prioridades: ciberseguridade, nube, IoT e datos.

En termos xerais pode afirmarse que cómpre estar atentos ao desenvolvemento de novas empresas vinculadas ao mundo dixital porque estas poden ser provedoras de servizos ou mesmo socios estratéxicos no desenvolvemento de solucións dixitais.

Na nosa contorna máis próxima, ViaGalicia (https://www.zfv.es/viagalicia) xoga un papel importante na medida en que xerou un ecosistema para emprendedores. As cifras de ViaGalicia amosan 1.269 ideas de negocio, 190 proxectos impulsados e 78 empresas aceleradas. A tipoloxía destes proxectos é moi ampla, pero entre eles xorden ideas ao redor do dixital con emprendedores con coñecementos específicos e ideas dun grande potencial. 3edata (www.3edata.es), por exemplo, buscan a obtención de valor a partir de datos ambientais, Aistech (https://aistechspace.com/) traballa tamén con datos do espazo e poden desenvolver solucións de *machine learning* por medio do seu propio software.

Trátase tan só de dous exemplos que poden dar mostra dun emprendemento dixital no tecido galego que, sen dúbida, é preciso visibilizar para facelo accesible ás PEMEs.

Finalmente, cómpre reparar en que as novas tecnoloxías tamén xogan en si mesmas un papel facilitador no desenvolvemento de empresas dixitais. A tokenización introducida con anterioridade, por exemplo, permite obter fondos dunha maneira doada e mesmo os investidores particulares poden investir dun xeito máis sinxelo. Ademais, os *tokens* tamén poden axudar a crear dun xeito áxil comunidades e mesmo impulsar o desenvolvemento de proxectos de código aberto (Chen, 2018). A cooperación nesta contorna pasa por ser un dos elementos chave para o desenvolvemento de aplicacións que requiren de coñecementos avanzados.

7.5.1.4. A influencia do paradigma da economía circular

Nas últimas décadas a economía circular tense convertido nun elemento de referencia que afecta ás empresas en múltiples aspectos. Ten esixido importantes cambios, por exemplo, no emprego de materiais en sectores como o transporte, pero tamén está a comezar a cambiar mesmo os modelos de xestión das empresas. Esta xestión ampliada semella unha continuación coherente dos cambios acontecidos nas últimas décadas. Así, as empresas pasaron de ocuparse practicamente en exclusiva da xestión das instalacións e actividades esenciais, a incorporar a xestión da cadea de subministro, os clientes e usuarios, e máis recentemente os residuos, reciclaxe, etc.

Atender ao ciclo de vida completo constitúe un paso a maiores e unha nova esixencia dende o mesmo proceso de concepción de produtos. Cando esta perspectiva se complementa coas tecnoloxías dixitais, pode xerar importantes impactos na eficiencia das operacións empresariais e, polo tanto, considerables beneficios.

Por exemplo, o software ten evolucionado moi positivamente nas últimas décadas permitindo integrar o deseño propiamente dito coa simulación e fabricación. Na actualidade, sen embargo, o reto principal radica na incorporación da sostenibilidade. Programas de deseño amplamente empregados coma Solidworks, de Dassault Systemes, dan mostra disto. O ecodeseño cobra gran importancia en todas as solucións máis difundidas. Tamén se está xeneralizando, en calquera caso, software específico para fomentar a reflexión sobre o ciclo de vida completo do produto. Así, o software

tradicional de deseño asistido por computadora non é dabondo neste novo contorno. As empresas deberán avanzar e modernizarse cara software máis avanzado con funcionalidades avanzadas. Neste senso, cómpre destacar o deseño xerativo (Autodesk, Siemens) que permite acadar deseños novidosos con niveis de eficiencia en consumo de materiais pouco frecuentes ata o de agora.

O deseño de produto "verde" non é, porén, dabondo. É preciso tamén xestionar pensando no ciclo de vida completo dende a mesma ideación ata o fin do produto. Así, a xestión en si mesma precisa de enfoques integradores de longo prazo. Os sistemas de xestión convencionais deberán compatibilizarse con sistemas PLM (*product life-cycle* management) con capacidade para a xestión de datos relacionais, documentos ou ambos durante todo o proceso (David e Rowe, 2016). Nesta nova contorna de transformación dixital permanente, as empresas terán que ser capaces de atender a todo o ciclo de vida dos seus produtos ou servizos, integrando esta visión nas súas actividades xa estandarizadas. Atender ao ciclo de vida significa atender dunha forma axeitada ao conxunto de grupos de interese da empresa, polo que novamente a idea dunha conectividade ampliada aparece como obxectivo fundamental.

7.5.2 A ciberseguridade

A idea dunha empresa en transformación continua xira arredor do concepto de conectividade discutido anteriormente. Esta empresa comparte datos con clientes, provedores, socios ou administracións, recolle información sectorial, almacena información internamente, emprega servizos na nube, etc. Toda esta conectividade ten un risco, non obstante: a vulnerabilidade, ben sexa por perda de datos, ou polo hackeo de equipos chave que dificulten o desenvolvemento normal das súas actividades. Ameazas coma o *phishing*, *ransomware*, *malware* ou o *distributed denial of service* poden levar a perdas moi importantes. E non soamente ás PEMEs, exemplos destacados poden citarse como os ataques do Wannacry and NotPetya a Honda, Renault, Merck ou Saint Gobain (OCDE, 2021).

Así as cousas, aínda que o emprego masivo de Internet permite acceder a un amplo abano de recursos, tamén pon en perigo os activos empresariais de información. En 2021, de feito, o "Instituto Nacional de Ciberseguridad" (Incibe) xestionou 109.126 incidentes,

90.168 relativos a cidadáns e empresas (Europapress, 2022). Os riscos asociados á seguridade téñense incrementado durante a pandemia da COVID-19 xa que as empresas fundamentan en maior medida as súas operacións nas tecnoloxías dixitais. En particular, aínda que as PEMEs adoitan ser menos intensivas en tecnoloxías dixitais, as empresas máis vulnerables con activos valiosos tenden a ser obxectivos de interese (OCDE, 2021). Os poucos estudos que existen sobre a empresa española neste ámbito non reflicten, porén, unha diagnose positiva: no "Informe sobre Madurez Digital en España 2020-2021" (Minsait, 2021), suxírese que o 90% das empresas carecen de profesionais especializados en ciberseguridade, o 82% non ten rexistros actualizados de activos dixitais a protexer, e soamente o 55% conta cun centro de operacións de ciberseguridade para detectar e responder a un ciberataque.

No caso galego, o sector TIC presenta no 2021 unha situación favorable no referente ás empresas de máis de 10 empregados. OSIMGA (2022) suxire de feito que o 100% destas empresas dispón de medidas de seguridade. A situación é lixeiramente peor para as empresas de menos de 10 empregados, onde a porcentaxe baixa lixeiramente ao 95,7%. Os sistemas máis empregados son o manter o software actualizado (94,2%), copia de seguridade (backup) de datos nunha ubicación separada (incluída a copia de seguridade na nube) (92,2%), seguido da autenticación mediante contrasinal forte é dicir, cunha lonxitude mínima de 8 valores alfanuméricos, cambiándose periodicamente (89,5%). Cómpre destacar que estas porcentaxes tan altos de adopción de medidas de seguridade poden ser enganosos xa que medidas coma a actualización do software ou cambio de contrasinais, aínda que importantes, non poden considerarse coma medidas avanzadas de ciberseguridade. Con todo, no 2021, o 22,6% das empresas TIC de Galicia teñen reportado incidentes de seguridade (OSIMGA, 2022).

8 TRANSICIÓNS DE EMPREGO E CUALIFICACIÓNS

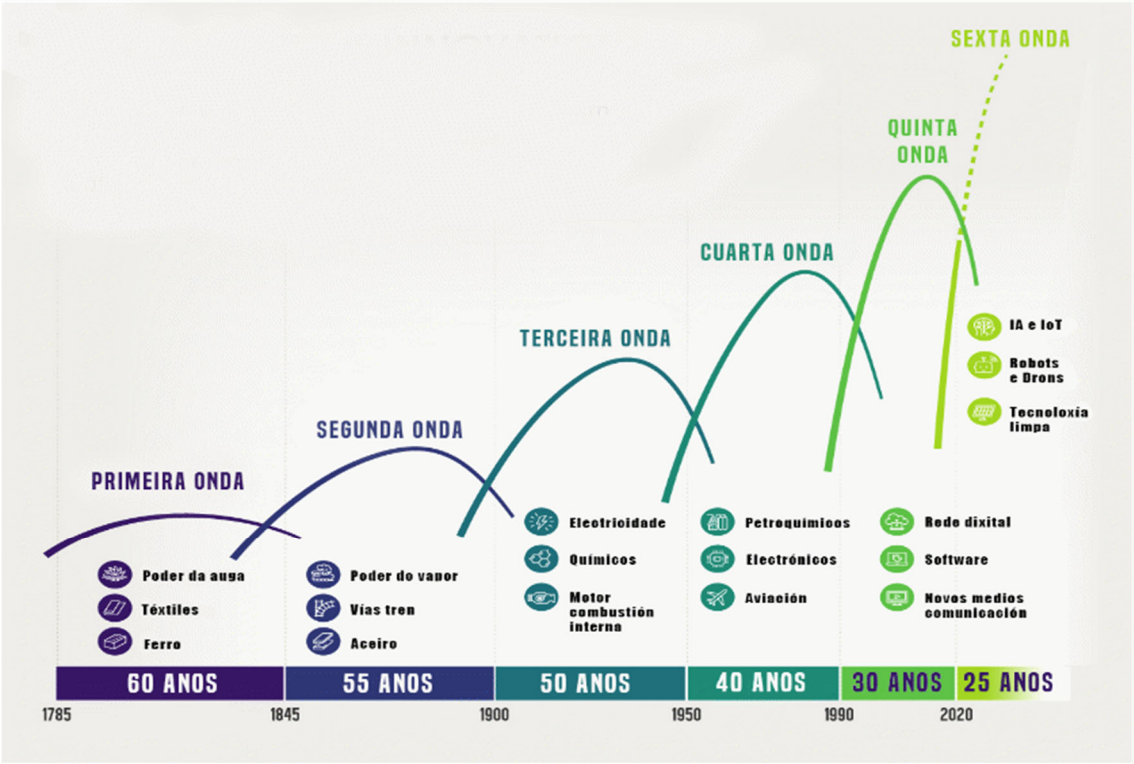
Cristina Diéguez e Fátima Antelo

8.1 A tensión permanente entre o emprego e o cambio tecnolóxico

Dende a primeira revolución industrial, coa introdución da máquina de vapor nos procesos manufactureiros, a evolución do mercado de traballo sempre estivo moi vinculada ao cambio tecnolóxico: dende as primeiras etapas nas que os habitantes das montañas baixaban ás chairas e zonas costeiras con maior industrialización buscando un emprego non agrario, pasando polas fases máis maduras con forzas laborais xa organizadas que identificaban ás "maquinas" con maior desemprego, ata épocas máis recentes nas que os netos desempeñan ocupacións na era de internet absolutamente irrecoñecibles para os seus avós (community manager, social media strategist, influencer, webmaster...).

Ao longo de todo este período de intensa innovación, sucedéronse distintas ondas tecnolóxicas cunha duración cada vez máis curta. Nada mudara especialmente na produción de manufacturas ata finais do século XVIII, cando algúns avances tecnolóxicos e a forza hidráulica trasladaron as manufacturas de algodón no Reino Unido dende a produción doméstica ou os talleres dos mestres artesáns ata as incipientes fábricas. A introdución posterior do vapor, primeiro, e da electricidade e o motor de combustión despois, facilitaron novas ondas tecnolóxicas que sustentaron o desenvolvemento de tecnoloxías como as amosadas na seguinte figura. Coa entrada dos anos 90, porén, tralo desenvolvemento espectacular da microelectrónica, abríronse novos espazos de innovación no software e na biotecnoloxía que mudaron significativamente a nosa maneira de producir, consumir e vivir. A revolución da intelixencia artificial que se iniciou na segunda década do século XXI representa a última etapa da nosa capacidade de innovación e adaptación que terá tamén unha grande influencia sobre as transicións de emprego, como as anteriores. A diferenza radica en que, nesta ocasión, a difusión das novas tecnoloxías e os seus impactos sucederán con maior rapidez aínda.

Gráfico 33: Ondas de transición tecnolóxica



Fonte: Neufeld (2021)

Cómpre sinalar que as cada vez máis curtas ondas tecnolóxicas representan ben o que Joseph Schumpeter denominaba o "proceso de destrución creativa". As novas tecnoloxías tenden a substituír empregos asentados sobre as vellas, e dende este punto de vista houbo sempre historicamente dúas preguntas que concentraron as preocupacións da sociedade: en que medida unha determinada tecnoloxía pode crear ou destruír emprego, e cal será o seu impacto sobre a estrutura do mercado de traballo. Quizais hoxendía o desenvolvemento das sociedades occidentais e o avance da dixitalización engadiu unha terceira preocupación: cal será o impacto que pode ter sobre a calidade do emprego na medida en que os traballadores menos cualificados poden ter un maior risco de ser empregados en traballos menos estables e con menor remuneración (Homsel et al., 2013).

UN PATRÓN HISTÓRICO: NO CURTO PRAZO, A TECNOLOXÍA SUBSTITÚE POSTOS DE TRABALLO, REDUCINDO EMPREGO E SALARIOS NAS OCUPACIÓNS QUE SE AUTOMATIZAN. SEN EMBARGO, ESE MESMO CAMBIO TECNOLÓXICO AUMENTA A PRODUTIVIDADE DOUTROS TRABALLADORES, CREA EMPREGO NOUTRAS OCUPACIÓNS, E ASÍ FAI SUBIR O NIVEL DE RENDA DA SOCIEDADE. ISTO AUMENTA A DEMANDA DOUTROS BENS E SERVIZOS QUE XERAN EMPREGOS NOUTROS SECTORES, AO TEMPO QUE AUMENTA A DEMANDA DE OCIO E DIMINÚE O NÚMERO DE HORAS TRABALLADAS.

A día de hoxe e aínda que o debate aberto pola intelixencia artificial é intenso, a sabedoría convencional en economía afirma que, da análise das pasadas ondas tecnolóxicas, pódese deducir un patrón (Autor, 2015): no curto prazo, a tecnoloxía substitúe postos de traballo, reducindo emprego e salarios nas ocupacións que se automatizan. Sen embargo, ese mesmo cambio tecnolóxico aumenta a produtividade doutros traballadores, crea emprego noutras ocupacións, e así fai subir o nivel de renda da sociedade. Isto aumenta a demanda doutros bens e servizos que xeran empregos noutros sectores, ao tempo que aumenta a demanda de ocio e diminúe o número de horas traballadas. En termos xerais, podería dicirse que o reto fundamental deste capítulo radica en comprobar como foi este proceso no caso particular de Galicia, abrindo unha porta á observación do que podemos agardar do futuro.

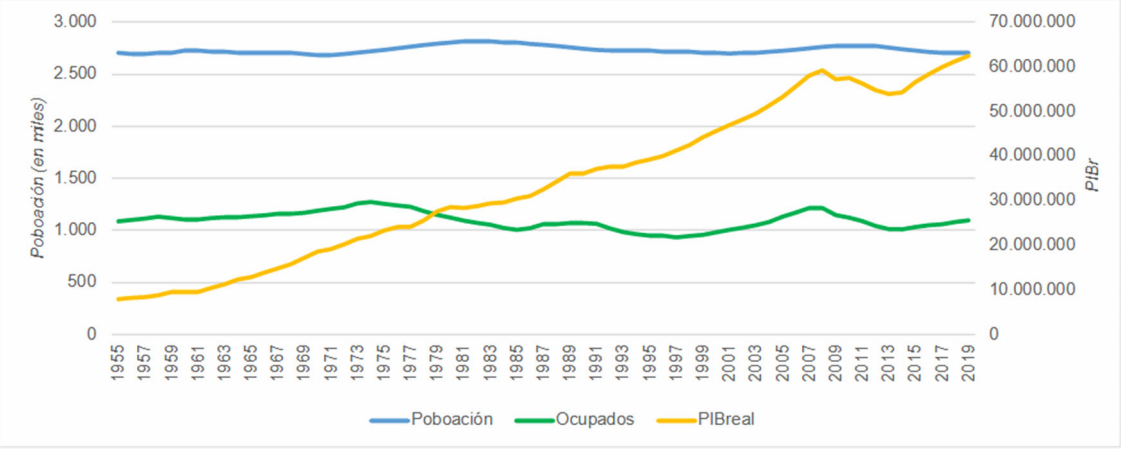
8.2 A situación de Galicia

A reflexión anterior serve para contextualizar a relevancia do gráfico seguinte, que ilustra como a partir da segunda metade do século XX, a relativa estabilidade nos niveis de poboación e ocupación se acompañan cunha tendencia claramente positiva na evolución do PIB real. Os traballos de análise de series enlazadas de De la Fuente (2017) permiten corroborar os acusados incrementos de produtividade que se rexistran en Galicia a partir dos anos setenta. Por máis que sexa coñecido, por tanto, non é trivial destacar que en Galicia o incremento da produtividade non se traduciu en menor poboación ocupada. No

ano 2019 estaban ocupadas 1.094.900 persoas, 10.300 máis que as rexistradas no ano 1955, primeiro ano da serie dispoñible.

NO LONGO PRAZO, O INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE NON SE TRADUCIU EN MENOR POBOACIÓN OCUPADA. NO ANO 2019 ESTABAN OCUPADAS 1.094.900 PERSOAS, 10.300 MÁIS QUE AS REXISTRADAS NO ANO 1955, PRIMEIRO ANO DA SERIE DISPOÑIBLE.

Gráfico 34: Poboación residente, ocupada e PIB real. Galicia 1955-2019

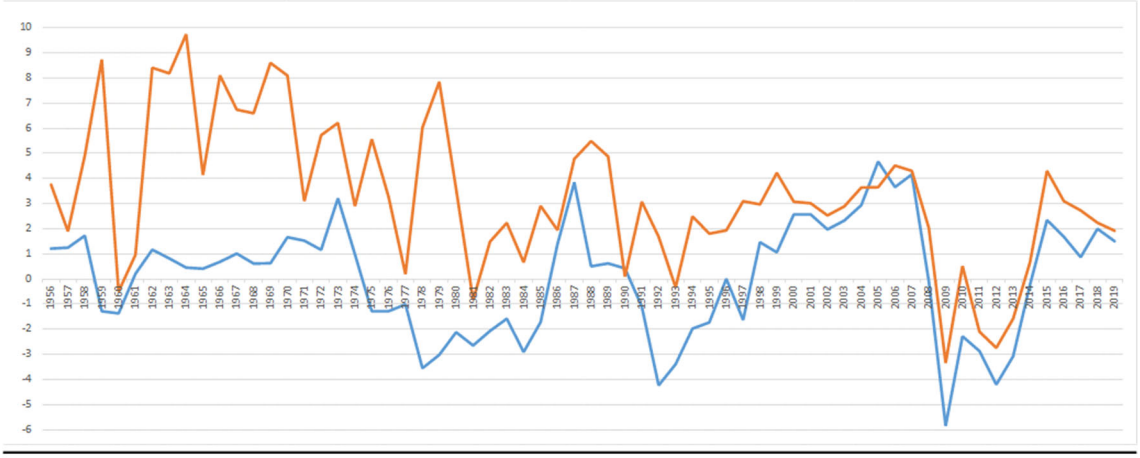


PIB a prezos constantes de 2016
Fonte: FEDEA

EXISTEN PERÍODOS EXCEPCIONAIS NOS QUE A OCUPACIÓN OCUPADA E O PIB MANTEÑEN UNHA ASOCIACIÓN NEGATIVA. POR EXEMPLO, A FINAIS DA DÉCADA DOS 70 PRODÚCESE UN DESCENSO DA POBOACIÓN OCUPADA CON TAXAS DE CRECEMENTO INTER-ANUAIS SUPERIORES AO 3%.

Compre destacar que as tendencias de longo prazo non impiden que existan períodos nos que a ocupación e o PIB manteñan unha asociación diferente (dende unha perspectiva de curto prazo). Por exemplo, nos anos finais da década dos 70 prodúcese un leve cambio de tendencia caracterizado por un descenso da poboación ocupada a taxas interanuais superiores ao 3%. En consecuencia a poboación ocupada pasa de representar en torno ao 60% da poboación maior de 16 anos no ano 1977 (dez puntos porcentuais máis que a media do Estado nese ano), a niveis do 46% no ano 2020 (moito máis próximos á media estatal que é do 48,5%).

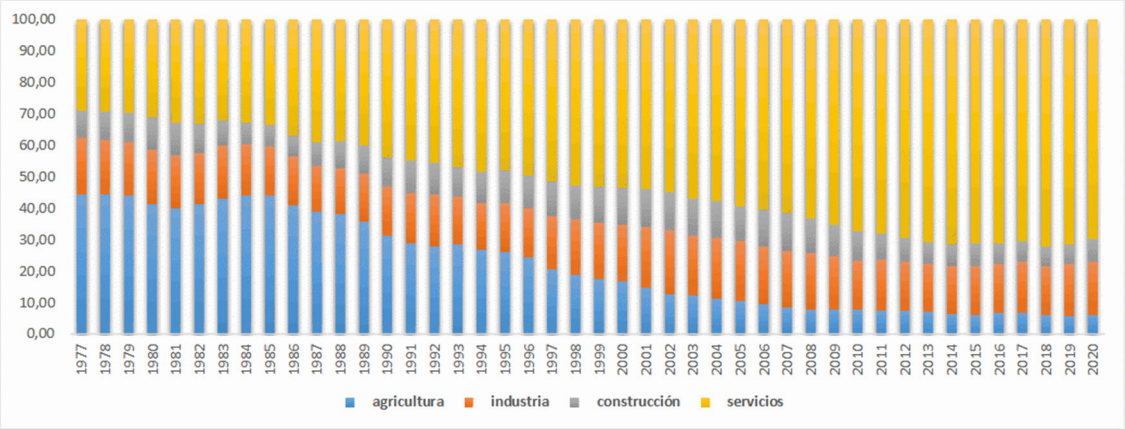
Gráfico 35: Taxas de variación inter-anuais da poboación ocupada e o PIB real. Galicia 1956-2019



PIB a prezos constantes de 2016
Fonte: FEDEA

A perda de poboación ocupada no último cuarto do século XX, prodúcese en paralelo a incrementos notables do PIB, o que pode reflectir que as perdas de ocupación están en relación á redución drástica do emprego agrario e a terciarización da economía que se observa no gráfico seguinte. A caída do emprego no sector primario permite liberar man de obra cara a actividades industriais e de servizos máis produtivas. Esta transición de emprego no curto prazo produce unha caída nos niveis de ocupación que comeza a recuperarse a finais da década dos 90, ata sufrir unha nova caída coa crise de 2008.

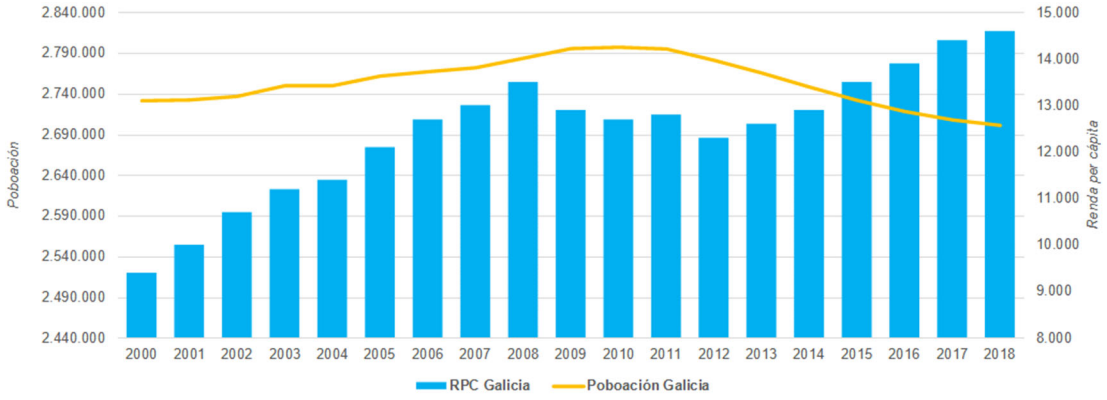
Gráfico 36: Composición sectorial do emprego. Galicia 1977-2020



Fonte. Elaboración propia a partir de datos INE

En todo caso, parece evidente que a introdución de novas tecnoloxías nos distintos procesos de produción e actividades económicas, está asociado no longo e medio prazo a unha estabilidade nos niveis de ocupación e a incrementos moi importantes nos niveis de produtividade. Isto prodúcese no marco dunha evolución para o conxunto do Estado caracterizada por incrementos exponenciais da produtividade laboral, medida como o valor engadido bruto por hora traballada (Prados de la Escosura, 2017). Se asignamos a 2010 o índice 100, é interesante comprobar que a produtividade laboral en España pasa de valores de 10 en 1950, a 107 no ano 2017. Os incrementos de produtividade reflíctense tamén nun aumento da renda per cápita, que en Galicia pasa de 9.400€ no ano 2000 a 14.600 € en 2018. No seguinte gráfico obsérvase que nos últimos 18 anos os niveis de renda per cápita medraron un 55%, coadxuvados pola caída do 1,1% da poboación residente total.

Gráfico 37: Evolución da renda per cápita e da poboación. Galicia 2000-2018

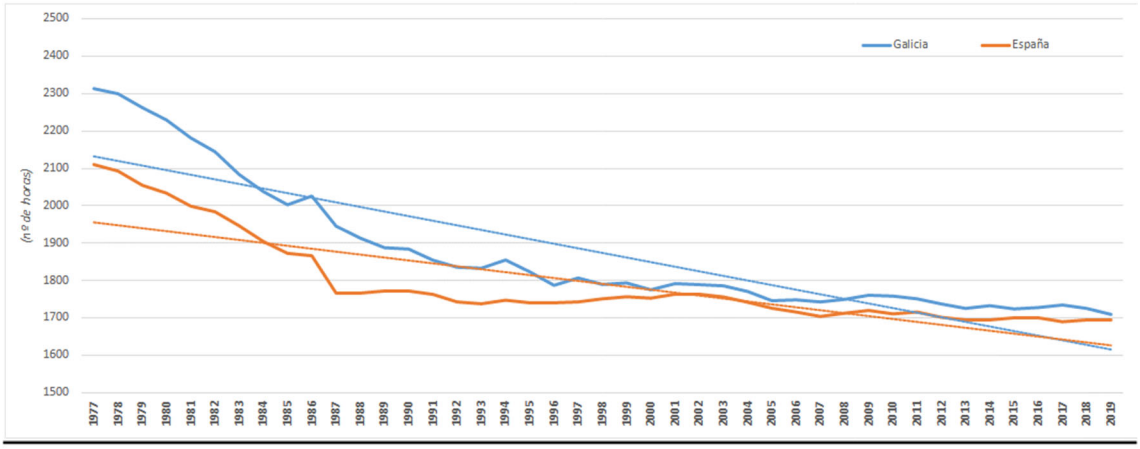


Fonte: IGE

O INCREMENTO DA PRODUTIVIDADE TAMÉN FOI PARALELA A UNHA CAÍDA MOI PRONUNCIADA NO NÚMERO DE HORAS ANUAIS TRABALLADAS, QUE SE REDUCE DENDE AS 2.300 HORAS ANUAIS NA DÉCADA DOS 70, ÁS 1.700 HORAS DE MEDIA ANUAL POR OCUPADO NO ANO 2019.

Adicionalmente, é interesante comprobar que o incremento da produtividade tamén foi paralela a unha caída moi pronunciada no número de horas anuais traballadas, que se reduce dende as 2.300 horas anuais na década dos 70, ás 1.700 horas de media anual por ocupado no ano 2019. Estes datos semellan suxerir a existencia dunha relación negativa entre o número de horas traballadas e a produtividade. A caída no número de horas efectivas, tal como se mostra no gráfico seguinte, é máis acusada en Galicia que na media do Estado. En Galicia o número de horas efectivas traballadas por ocupado é superior á media estatal en toda a serie analizada, o que entre outras causas, pode ser consecuencia do maior peso relativo da ocupación no sector primario en Galicia.

Gráfico 38: Horas anuais efectivas traballadas por ocupado



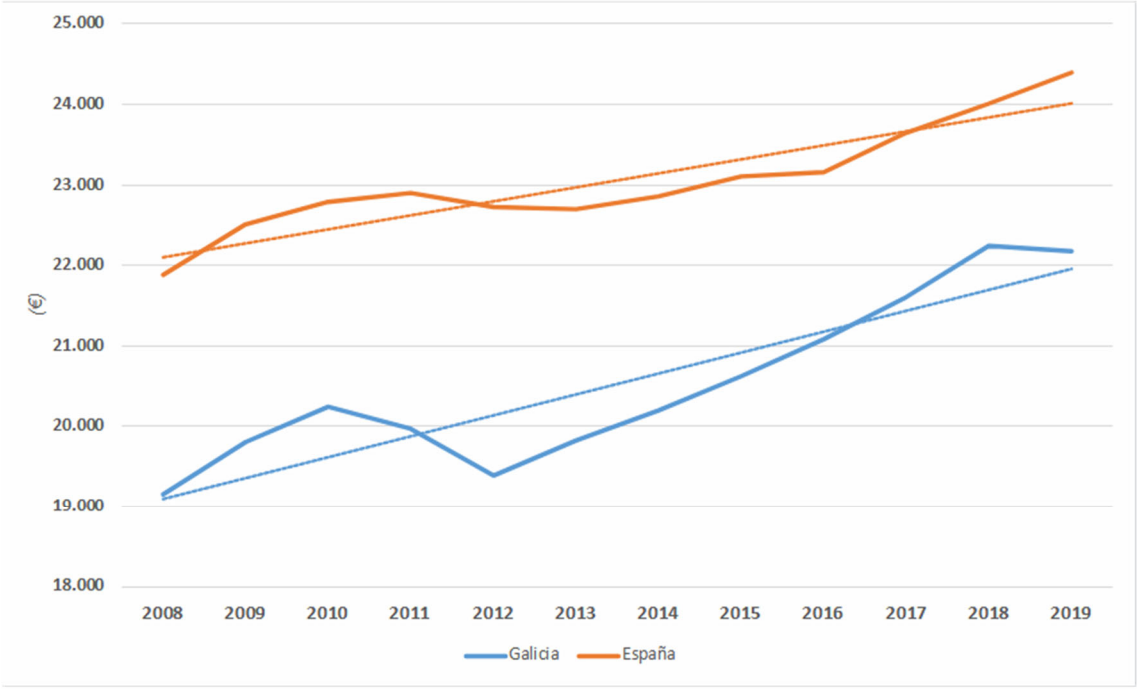
Fonte: FEDEA

Por outro lado, máis alá da asociación que as continuas ondas de cambio tecnolóxico manteñan no longo prazo cos niveis xerais de emprego, renda per cápita ou horas traballadas, convén tamén indagar en que sucedeu coas ganancias salariais.

A GANANCIA MEDIA POR TRABALLADOR EN GALICIA FOI DE 22.177,4 EUROS NO ANO 2019, UN 13,6% MÁIS QUE EN 2008. O SALARIO MEDIANO FOI DE 18.813 EUROS EN 2019, FRONTE AOS 16.150 EUROS DE 2008.

No gráfico seguinte observamos o incremento das ganancias salariais medias, entendidas como o salario bruto anual para traballadores equivalentes a tempo completo. A ganancia media por traballador en Galicia foi de 22.177,4 euros no ano 2019, un 13,6% máis que en 2008 (primeiro ano da serie). O salario mediano (o que divide ao número de traballadores en dúas partes iguais, os que teñen un salario maior e os que teñen un salario inferior) foi de 18.813 euros en 2019, fronte aos 16.150 euros de 2008.

Gráfico 39: Ganancia media anual por traballador (CNO11)



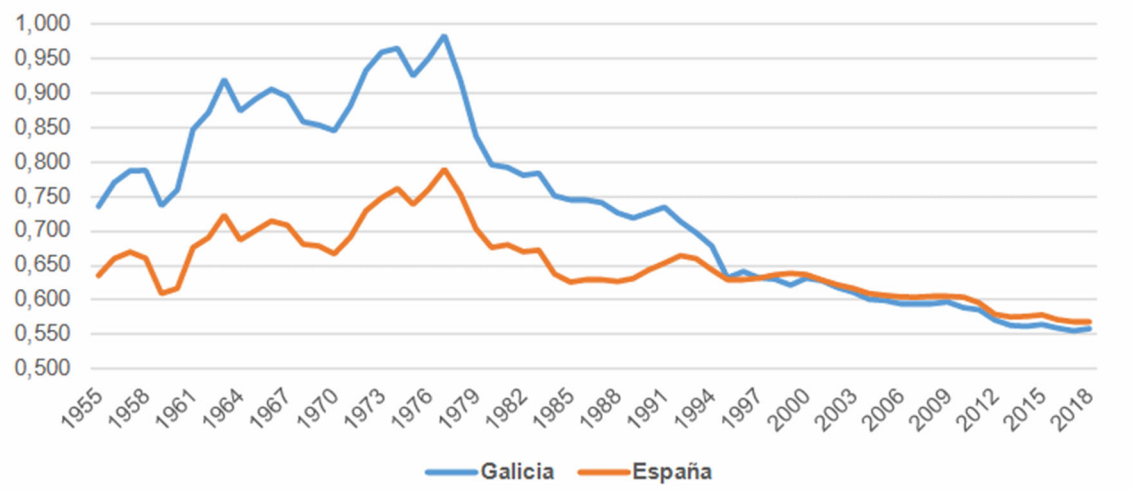
** Recolle a ganancia total bruta por traballador, incluíndo os pagos en especie e as gratificacións extraordinarias.*
Fonte: INE

O CASO GALEGO REFLICTE O PATRÓN DAS SERIES HISTÓRICAS DO RESTO DE ECONOMÍAS DESENVOLVIDAS: O CAMBIO TECNOLÓXICO DESPREGOUSE ASOCIADO AO CRECEMENTO DO PIB, DA PRODUTIVIDADE E DOS NIVEIS DE RENDA. O PARALELISMO REFLÍCTESE TAMÉN EN QUE A REMUNERACIÓN SALARIAL PASA A SITUARSE POR DEBAIXO DA REMUNERACIÓN DAS ACTIVIDADES PRODUTIVAS, E A PARTICIPACIÓN DAS RENDAS DO TRABALLO NO VEB REDÚCESE DE XEITO CONTINUO.

A análise previa realizada ao longo de toda esta sección suxire, por tanto, que o caso galego é coherente co que hoxe constitúe a sabedoría convencional: o cambio tecnolóxico despregouse asociado ao crecemento do PIB, da produtividade e dos niveis de renda, tal e como se pode percibir nas series históricas do resto de economías desenvolvidas. Porén, un elemento adicional de análise ten que ver coa medida en que a poboación no seu

conxunto se beneficia por igual desta mellora en magnitudes clave. Un crecente número de economistas están de feito a advertir da concentración da riqueza e da polarización das rendas salariais, cuestións que con frecuencia se citan para explicar o progresivo aumento da inestabilidade política e o populismo nas democracias occidentais (Pastor e Veronesi, 2018). A explicación ten que ver co feito de que a participación das remuneracións salariais sobre o PIB levan caendo dende hai tempo a nivel mundial. Karabarbounis e Neiman (2013), por exemplo, atoparon que a participación salarial no PIB diminuíu en 42 de 52 países analizados, incluíndo a China, México e India. No caso galego, a remuneración salarial pasa a situarse por debaixo da remuneración das actividades produtivas, e a participación das rendas do traballo no VEB redúcese de xeito continuo, tal como se observa no gráfico seguinte.

Gráfico 40: Participación corrixida do traballo no VEB. Galicia 1955-2018



Fonte: FEDEA

O certo é que as recentes ondas tecnolóxicas teñen aspectos diferenciais. Por unha banda, mencionouse previamente que os tempos de transición (as ondas tecnolóxicas) teñen cada vez unha menor duración e, por tanto, esixen unha adaptación más rápida dos traballadores. Por outra banda, existe unha importante base de tarefas rutineiras que pasan a ser susceptibles de dixitalización porque as habilidades cognitivas que requirían son agora substituíbles. Ambas características diferenciais provocan que un gran número de actividades se vexan afectadas parcial ou totalmente pola dixitalización. Así as cousas, os

efectos destas últimas ondas tecnolóxicas sobre un amplo colectivo de cidadáns fai cada vez máis importante a adaptación das políticas públicas a un novo escenario.

Por outro lado, dende un punto de vista estritamente económico, un estudio do FMI (Dabla-Norris, 2015) conclúe a existencia dunha relación inversa entre o crecemento, por un lado, e os niveis de desigualdade, polo outro. O traballo do FMI estima que se aumenta nun punto porcentual a renda que recibe o 20% da poboación con maiores ingresos, o crecemento do PIB ralentizaríase en 0,08 puntos porcentuais nos seguintes cinco anos. Polo contrario, se aumenta nun punto porcentual a renda do 20% máis pobre, o crecemento do PIB aumentaría en 0,38 puntos porcentuais nos seguintes cinco anos.

O INCREMENTO DA DESIGUALDADE TEN VARIOS DETERMINANTES POLÍTICO-ECONÓMICOS, PERO TAMÉN ESTÁ RELACIONADO CO CAMBIO TECNOLÓXICO. A DIXITALIZACIÓN BENEFICIA FUNDAMENTALMENTE AOS TRABALLADORES CON MÁIS ESTUDOS EN ACTIVIDADES NON RUTINEIRAS. POR OUTRA BANDA, REDÚCENSE AS NECESIDADES DE TRABALLOS EN POSTOS DE GRAO MEDIO E AUMENTA A DEMANDA DE TRABALLO DE BAIXO SALARIO NON AUTOMATIZABLE, COMO POR EXEMPLO, A LIMPEZA OU A HOSTALEIRA. ISTO PODERÍA CONDUCIR A UN MERCADO LABORAL POLARIZADO, CON ALTA DEMANDA NOS EXTREMOS E UN CERTO BALEIRADO NO MEDIO.

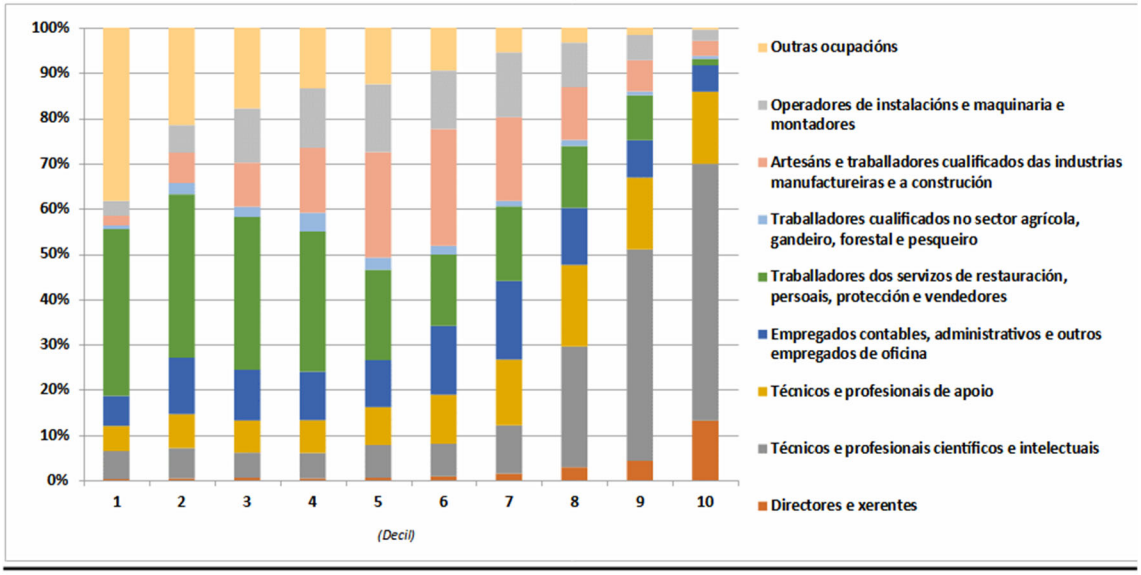
A preocupación polo incremento da desigualdade pode ter naturalmente moitos factores detrás. Por exemplo, os estudos desenvolvidos por autores como Thomas Piketty sobre a desigualdade salarial poñen o acento sobre os elevados salarios dos "supermanagers" e o desmesurado incremento da riqueza herdada. Esta concentración da riqueza favorece o crecemento dos rendementos do capital, que ao situarse en taxas superiores ás do crecemento do PIB, provocan unha cada vez maior concentración da riqueza.

As prácticas de goberno corporativo ou a organización da fiscalidade por país, sen embargo, representan só unha parte da explicación do crecemento da desigualdade. A polarización do mercado laboral e o estancamento salarial de grandes bolsas de

traballadores está tamén relacionado co cambio tecnolóxico (Autor, 2015). O argumento é sinxelo: a mellora na dixitalización de tarefas rutineiras beneficia fundamentalmente ás persoas con experiencia e creatividade para utilizar estes avances, mentres que os traballadores con menor nivel de educación tenden a ter máis dificultades. Por outra banda, a tecnoloxía reduce as necesidades de traballos en postos de grao medio e aumenta a demanda de traballo de baixo salario non automatizable, como por exemplo, a limpeza ou a hostaleira. Os salarios nestas ocupacións non tenden a experimentar grandes subidas, porén, porque existe unha grande oferta de traballadores que poden levar a cabo estas actividades. Isto conduce a un mercado laboral polarizado, con alta demanda nos extremos e un certo baleirado no medio.

Os escasos datos para construír series estatísticas longas sobre o sucedido coa evolución do mercado laboral galego dende unha perspectiva salarial permiten facer pouco máis que unha foto fixa. Esta foto reflicte o elevado peso relativo das ocupación de técnicos e profesionais científicos entre o 30% de salarios máis elevados, fronte aos ocupados en servizos de restauración, persoais, de protección e vendedores, que maioritariamente están por debaixo do salario medio. En xeral no ano 2019 en Galicia, a ganancia media do 10% dos traballadores de maior salario era de 38.319 euros, fronte ao 10% de traballadores con menor salario, con 8.825 euros anuais.

Gráfico 41: Promedio (2011-2019) de poboación asalariada por ocupación (CNO-2011) e decil



Fonte: IGE

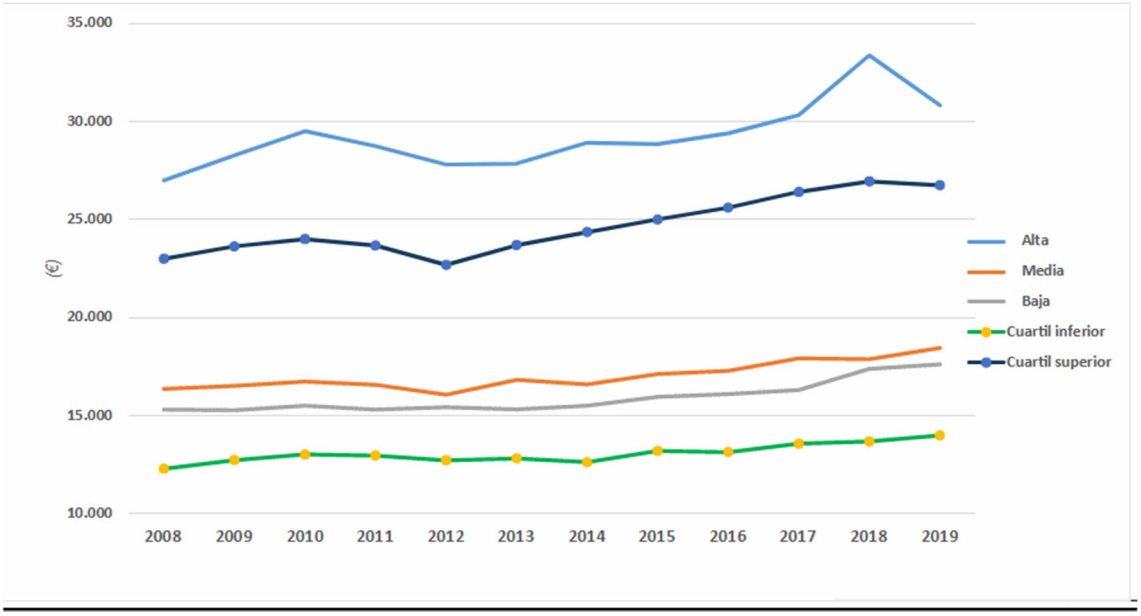
Dende o punto de vista da polarización salarial, na última década en Galicia parece observarse unha intensificación das diferencias salariais. Neste senso, tendo en conta as ganancias salariais no período 2008-2019, o salario medio do cuartil inferior (o 25% da poboación con menor salario) aumenta nun 13,8% o que supón en torno a 1.700 euros anuais máis. Sen embargo, o salario medio do cuartil superior (25% da poboación con maior salario), aumenta un 16,3% no mesmo período: 3.700 euros máis ao ano.

Tal como se sinalou anteriormente, a ocupación é unha das variables que máis inflúen no nivel salarial. Agregando os dez grupos de ocupación (CNO11) por percepcións salariais en Alta (grupos 1,2,e 3), Media (grupos 4,5,6,7 e 0) e Baixa (grupos 8 e 9), o gráfico mostra a relativa igualdade existente entre as ganancias dos traballadores dos grupos medio e baixo, fronte aos traballadores con ganancias altas. A ganancia media no período 2008-2019 dos grupo con ganancias altas é case un 80% superior á media dos restantes grupos.

AS DIFERENCIAS SALARIAIS SON CADA VEZ MAIORES. NO PERÍODO 2008-2019, O SALARIO MEDIO DO CUARTIL INFERIOR AUMENTA NUN 13,8%. SEN EMBARGO, O SALARIO MEDIO DO CUARTIL SUPERIOR (25% DA POBOACIÓN CON MAIOR SALARIO), AUMENTA UN 16,3% NO MESMO PERÍODO.

Os incrementos nas ganancias medias nos distintos grupos parece tamén demostrar a tendencia á polarización salarial. Neste senso, os incrementos das ganancias salariais nos grupos alto e baixo son 1,5 e 2,4 puntos porcentuais superiores respectivamente, aos incrementos das ganancias nos grupos de remuneración media.

Gráfico 42: Ganancia media anual por traballador en Galicia, ocupación (CNO-2011) e cuartil



Recolle a ganancia total bruta por traballador, incluíndo os pagos en especie e as gratificacións extraordinarias.
A ocupación alta inclue os grandes grupos 1, 2 e 3; a media os grandes grupos 4, 5, 6, 7 e 10; e a baixa inclúe os grandes grupos 8 e 9.
Fonte: INE

8.3 O futuro: medición da probabilidade de dixitalización

O estado da literatura neste aspecto mostra unha alta disparidade de resultados entre autores e países, tanto en innovación, en cambios industriais, ou nos efectos sobre a evolución cuantitativa e estrutural do emprego. En consecuencia, a cuantificación da perda de emprego e a creación de novos postos de traballo como consecuencia da dixitalización ofrece respostas moi diferentes.

O traballo máis citado é o dos economistas Carl Frey e Michael Osborne (Frey e Osborne 2013, 2017), que analizaron o impacto potencial do cambio tecnolóxico sobre 702 niveis ocupacionais nos Estados Unidos. Os autores calculan a probabilidade de dixitalización de cada unha destas ocupacións como a proporción de tarefas rutineiras e previsibles. Cruzando estas probabilidades coas variables de salarios e educación académica, acadan unha impactante conclusión: o 47% do emprego dos EEUU estaría en alto risco de substitución por tecnoloxías emerxentes. A adaptación dos criterios de Frey e Osborne á economía española (CaixaBank Research, 2016), da como resultado que un 43% dos traballadores en España están ocupados en postos cunha probabilidade de dixitalización superior ao 66%, o cal representa uns 5,5 millóns de traballadores. Máis recentemente, outro esforzo de adaptación da metodoloxía de Frey e Osborne, desta vez protagonizado

por BBVA Research (2018), reduce a porcentaxe de ocupados en probabilidade de dixitalización ata o 36% (4,6 millóns de empregos).

A DIXITALIZACIÓN NON DARÁ LUGAR A NINGÚN ESCENARIO APOCALÍPTICO AO LONGO DA PRÓXIMA DÉCADA. SI AFECTARÁ A TODOS OS TRABALLOS EN MAIOR OU MENOR MEDIDA EN FUNCIÓN DO TIPO DE TAREFAS QUE SE REALICEN.

Outros autores presentan panoramas menos impactantes dende o punto de vista dos efectos sobre o emprego. Nedelkoska e Quintini (2018), utilizando datos da Enquisa de habilidades para adultos da OCDE (PIAAC), estima porcentaxes máis reducidos. O seu estudo suxire que o 14% do total de empregos na OCDE (21,7% para España) teñen unha alta probabilidade de dixitalización, mentres que un 32% (30,2% en España) probablemente sufrirán modificacións significativas. Unha conclusión similar atopa Chui et al (2016), quen a partir dunha análise de máis de 2.000 actividades laborais e 800 roles, avalía a porcentaxe de tempo dedicado a actividades con potencial técnico para a dixitalización. Segundo a adaptación para España deste traballo (COTEC 2017), o 48% das actividades actuais en España son potencialmente automatizables coa tecnoloxía actualmente existente, aínda que o grao de dixitalización dependerá dos factores técnicos, económicos e sociais. Cómpre resaltar que isto non implica que estes traballos desaparezan, senón que a natureza do traballo cambiará e que moitas destas actividades se substituirán por outras de maior valor engadido. A dinámica replicaría, por tanto, a evolución descrita máis arriba sobre o cambio tecnolóxico dende a primeira revolución industrial.

De todos estes traballos, pese á súa diversidade de predicións, conclúese que a dixitalización non dará lugar a ningún escenario apocalíptico ao longo da próxima década. Si afectará a todos os traballos en maior ou menor medida, en función do tipo de tarefas que se realicen e da viabilidade técnica para poder ser automatizadas. Así, os traballos físicos non rutineiros, por exemplo os empregos na construción, silvicultura ou crianza de animais en extensivo, tan só dedican un 25% do tempo a actividades que poden ser tecnicamente automatizables. En contraste, outros traballadores en liñas de montaxe ou

de preparación de alimentos, por exemplo, dedicarían un 78% do seu tempo a tarefas con grande viabilidade para seren automatizadas (Chui, Manyika e Miremadi, 2016).

8.3.1 A análise da probabilidade de dixitalización

Tal e como se explicou, Carl Frey e Michael Osborne estimaron o impacto potencial da revolución dixital sobre 702 ocupacións no mercado de traballo dos EE.UU., calculando a probabilidade de dixitalización de cada unhas desas ocupacións. Nun primeiro esforzo de aplicación a Galicia, Meixide (2017) implementou esta metodoloxía adaptando as probabilidades de substitución calculadas por Frey e Osborne aos 62 grupos ocupacionais dispoñibles na EPA (Enquisa de Poboación Activa), estimando deste xeito a probabilidade de substitución de cada grupo ocupacional, tal como se mostra na ilustración.

Táboa 49: Probabilidade de dixitalización por grupos ocupacionais

Grupo ocupacional	Probabilidade (%)
43 Outros empregados administrativos sen tarefas de atención ao público	0,95
45 Empregados administrativos con tarefas de atención ao público non clasificados baixo outras epígrafes	0,95
62 Traballadores cualificados en actividades gandeiras (incluídas avícolas, apícolas e similares)	0,95
63 Traballadores cualificados en actividades agropecuarias mixtas	0,95
95 Peóns agrarios, forestais e da pesca	0,95
41 Empregados en servizos contables, financeiros e de servizos de apoio á produción e ao transporte	0,93
55 Caixeiros e vendedores de billetes (salvo bancos)	0,90
42 Empregados de bibliotecas, servizos de correos e afíns	0,89
54 Vendedores (salvo en tendas e almacéns)	0,88
84 Condutores de vehículos para o transporte urbano ou por estrada	0,88
73 Soldadores, chapistas, montadores de estruturas metálicas, ferreiros, elaboradores de ferramentas e afíns	0,85
50 Camareiros e cociñeiros propietarios	0,84
51 Traballadores asalariados dos servizos de restauración	0,84
82 Montadores e ensambladores en fábricas	0,84
93 Axudantes de preparación de alimentos	0,82
76 Mecánicos de precisión en metais, ceramistas, vidreiros, artesáns e traballadores de artes gráficas	0,79
78 Traballadores da madeira, téxtil, confección, pel, coiro, calzado e outros operarios en oficios	0,79
32 Supervisores en enxeñaría de minas, de industrias manufactureiras e da construción	0,78
71 Traballadores en obras estruturais de construción e afíns	0,78
44 Empregados de axencias de viaxes, recepcionistas e telefonistas; empregados de portelo e afíns (salvo vendedores de billetes)	0,75
72 Traballadores de acabamento de construcións e instalacións (salvo electricistas), pintores e afíns	0,75
81 Operadores de instalacións e maquinaria fixas	0,75
77 Traballadores da industria da alimentación, bebidas e tabaco	0,74
52 Dependentes en tendas e almacéns	0,73
53 Comerciantes propietarios de tendas	0,73
83 Maquinistas de locomotoras, operadores de maquinaria agrícola e de equipamentos pesados móbiles, e mariñeiros	0,73
34 Profesionais de apoio en finanzas e matemáticas	0,72
92 Outro persoal de limpeza	0,72
96 Peóns da construción e da minaría	0,72
64 Traballadores cualificados en actividades forestais, pesqueiras e cinexéticas	0,71
74 Mecánicos e axustadores de maquinaria	0,69
91 Empregados domésticos	0,69
94 Recolledores de residuos urbanos, vendedores na rúa e outras ocupacións elementais en servizos	0,69
36 Profesionais de apoio á xestión administrativa; técnicos das forzas e corpos de seguranza	0,68
35 Representantes, axentes comerciais e afíns	0,67
61 Traballadores cualificados en actividades agrícolas	0,67
75 Traballadores especializados en electricidade e electrotecnoloxía	0,66
31 Técnicos das ciencias e das enxeñarías	0,60
56 Traballadores dos coidados ás persoas en servizos de saúde	0,59
38 Técnicos das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC)	0,58
57 Outros traballadores dos coidados ás persoas	0,55
97 Peóns das industrias manufactureiras	0,54
58 Traballadores dos servizos persoais	0,51
26 Especialistas en organización da Administración pública e das empresas e na comercialización	0,42
33 Técnicos sanitarios e profesionais das terapias alternativas	0,42
37 Profesionais de apoio de servizos xurídicos, sociais, culturais, deportivos e afíns	0,39
59 Traballadores dos servizos de protección e seguranza	0,37
98 Peóns do transporte, descargadores e repositores	0,31
25 Profesionais en dereito	0,28
29 Profesionais da cultura e o espectáculo	0,24
12 Directores de departamentos administrativos e comerciais	0,22
24 Profesionais das ciencias físicas, químicas, matemáticas e das enxeñarías	0,12
27 Profesionais das tecnoloxías da información	0,12
11 Membros do poder executivo e dos corpos lexislativos; directivos da Administración pública e organizacións de interese social; directores executivos	0,09
15 Directores e xerentes doutras empresas de servizos non clasificados baixo outras epígrafes	0,09
22 Profesionais do ensino infantil, primario, secundario e postsecundario	0,09
13 Directores de produción e operacións	0,08
28 Profesionais en ciencias sociais	0,08
23 Outros profesionais do ensino	0,05
14 Directores e xerentes de empresas de aloxamento, restauración e comercio	0,04
21 Profesionais da saúde	0,04

Fonte: Meixide Vecino, A.(2018).

A partir de ambos traballos, e cos datos proporcionados polo IGE de ocupados segundo a Clasificación Nacional de Ocupacións 2011 (CNO11) para o período 2011-2020, neste apartado pretendemos acadar un perfil de vulnerabilidade dos ocupados no mercado galego, entendendo por vulnerabilidade a probabilidade de que unha ocupación ou tarefa sexa automatizada.

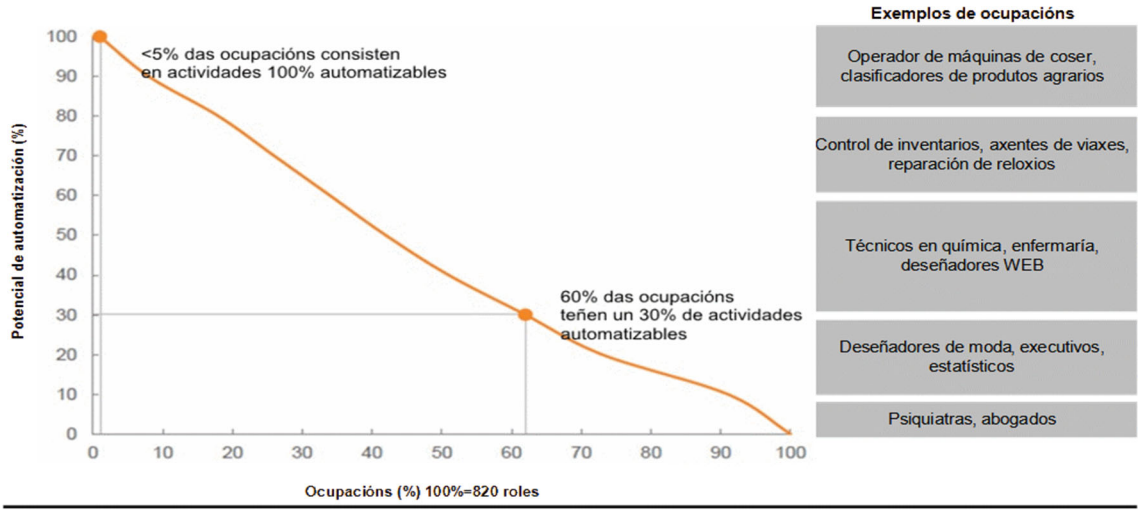
Para comezar, cómpre ter en conta que as características do perfil de vulnerabilidade están determinadas pola dispoñibilidade de datos, e céntranse na idade, xénero, nivel educativo, sector de actividade ou nivel de responsabilidade, entre outras variables. Lamentablemente non se dispón no momento da elaboración deste informe de datos cruzados coa CNAE, o cal proporcionaría información relevante sobre a vulnerabilidade da ocupación en sectores de actividade fundamentais na economía galega. Alén disto, a información proporcionada polo IGE figura só desagregada a un díxito debido a problemas de tamaño na mostra cunha maior disgregación. En consecuencia, agregáronse as ocupacións a este nivel para determinar a probabilidade de dixitalización dos 9 grupos ocupacionais (excluíndo ocupacións militares), utilizando como factor de agregación a media aritmética.

HABERÁ DIFERENCIAS NOTABLES NAS TRANSICIÓNS DE EMPREGO PORQUE A MAIORÍA DAS OCUPACIÓNS ESTÁN COMPOSTAS POR ACTIVIDADES CON DIFERENTE POTENCIAL DE DIXITALIZACIÓN. EN TORNO AO 60% TEÑEN AO MENOS UN 30% DE ACTIVIDADES TECNICAMENTE AUTOMATIZABLES, E MENOS DO 5% DAS ACTIVIDADES SON COMPLETAMENTE AUTOMATIZABLES.

Por outra banda, tal como se deduce de estudos que toman como referencia análises centradas en actividades laborais en lugar de ocupacións enteiras, existen diferencias notables na profundidade dos efectos das transicións de emprego sobre os traballadores, xa que só unha pequena porcentaxe de ocupacións poden automatizarse completamente adaptando as tecnoloxías actuais. Na seguinte ilustración pode observarse como a maioría das ocupacións están compostas por actividades con diferente potencial de dixitalización. En torno ao 60% das ocupacións teñen ao menos un 30% de actividades tecnicamente

automatizables, e menos do 5% das actividades son completamente automatizables. As actividades cun maior potencial de dixitalización inclúen actividades físicas, estruturadas e realizadas en contornos previsibles, así como o procesamento e recolección de datos. A susceptibilidade de dixitalización é sensiblemente inferior nas actividades que inclúen a interacción humana, aplicar a experiencia á toma de decisións, a planificación, tarefas creativas ou a xestión e o desenvolvemento das persoas.

Gráfico 43: Potencial de dixitalización baseado na tecnoloxía probada para cada ocupación



Fonte: Chui, M. (1), Manyika, J. (2), & Miremadi, M. (3). (n.d.)

Fonte: McKinsey Global Institute (2017)

Existen, pois, varias eivas metodolóxicas relacionadas cunhas probabilidades deseñadas para o mercado norteamericano, estruturalmente moi diferente ao noso, e tamén derivadas da dificultade para obter os datos desexables que permitisen una análise fina das tarefas automatizables por posto de traballo. O feito de que estas eivas se estendan ao resto de estudos que fan un exercicio similar non pode obviar a necesidade de recoñecelas con humildade. Así e todo, ter unha aproximación conservadora que identifique os postos de traballo en Galicia máis vulnerables á revolución dixital pode axudar a minimizar os custos de transición individuais e colectivos.

8.3.2 Unha aplicación ás distintas ocupacións en Galicia

A clasificación das ocupacións en Galicia por grao de dixitalización en tres niveis, permite observar que as ocupacións cunha probabilidade alta de dixitalización (p>70) son as seguintes: traballadores dos servizos de restauración e comercio; empregados de oficina; técnicos de apoio agás servizos xurídicos e TICs; traballadores cualificados do sector agrícola, gandeiro, forestal e pesqueiro; artesáns e traballadores cualificados das industrias manufactureiras e a construción (agás operadores de instalacións e maquinaria); operadores de instalacións e maquinaria; e montadores. Finalmente, dentro das chamadas ocupacións elementais, as de maior probabilidade de dixitalización serían os traballadores non cualificados en servizos (agás transporte) e os peóns da agricultura, pesca, construción, industrias manufactureiras e transportes. No extremo contrario, as ocupacións cunha probabilidade baixa de dixitalización (p<0,3) serían fundamentalmente os directores e xerentes, e os técnicos e profesionais científicos e intelectuais.

As ocupacións ás que se lles asigna unha probabilidade media (0,7>p>0,3) son, entre outras, traballadores de coidados a persoas e técnicos sanitarios, técnicos en TICs e peóns da industria manufactureira e de transporte.

Táboa 50: Grupos ocupacionais agrupados por probabilidade dixitalización

Probabilidade	código CNO11	Grupos ocupacionais
ALTA > 0,7	43	Outros empregados administrativos sen tarefas de atención ao público
	45	Empregados administrativos con tarefas de atención ao público non clasificados baixo outras epígrafes
	62	Traballadores cualificados en actividades gandeiras (incluídas avícolas, apícolas e similares)
	63	Traballadores cualificados en actividades agropecuarias mixtas
	95	Peóns agrarios, forestais e da pesca
	41	Empregados en servizos contables, financeiros e de servizos de apoio á produción e ao transporte
	55	Caixeiros e vendedores de billetes (salvo bancos)
	42	Empregados de bibliotecas, servizos de correos e afíns
	54	Vendedores (salvo en tendas e almacéns)
	84	Condutores de vehículos para o transporte urbano ou por estrada
	73	Soldadores, chapistas, montadores de estruturas metálicas, ferreiros, elaboradores de ferramentas e afíns
	50	Camareiros e cociñeiros propietarios
	51	Traballadores asalariados dos servizos de restauración
	82	Montadores e ensambladores en fábricas
	93	Axudantes de preparación de alimentos
	76	Mecánicos de precisión en metais, ceramistas, vidreiros, artesáns e traballadores de artes gráficas
	78	Traballadores da madeira, téxtil, confección, pel, coiro, calzado e outros operarios en oficios
	32	Supervisores en enxeñaría de minas, de industrias manufactureiras e da construción
	71	Traballadores en obras estruturais de construción e afíns
	44	Empregados de axencias de viaxes, recepcionistas e telefonistas; empregados de portelo e afíns (salvo vendedores de billetes)
	72	Traballadores de acabamento de construcións e instalacións (salvo electricistas), pintores e afíns
	81	Operadores de instalacións e maquinaria fixas
	77	Traballadores da industria da alimentación, bebidas e tabaco
	52	Dependentes en tendas e almacéns
	53	Comerciantes propietarios de tendas
	83	Maquinistas de locomotoras, operadores de maquinaria agrícola e de equipamentos pesados móbiles, e mariñeiros
	34	Profesionais de apoio en finanzas e matemáticas
	92	Outro persoal de limpeza
	96	Peóns da construción e da minaría
	64	Traballadores cualificados en actividades forestais, pesqueiras e cinexéticas
	74	Mecánicos e axustadores de maquinaria
	91	Empregados domésticos
	94	Recolledores de residuos urbanos, vendedores na rúa e outras ocupacións elementais en servizos
	36	Profesionais de apoio á xestión administrativa; técnicos das forzas e corpos de seguranza
	35	Representantes, axentes comerciais e afíns
	61	Traballadores cualificados en actividades agrícolas
	75	Traballadores especializados en electricidade e electrotecnoloxía
	31	Técnicos das ciencias e das enxeñarías
0,7>MEDIA>0,3	56	Traballadores dos coidados ás persoas en servizos de saúde
	38	Técnicos das tecnoloxías da información e as comunicacións (TIC)
	57	Outros traballadores dos coidados ás persoas
	97	Peóns das industrias manufactureiras
	58	Traballadores dos servizos persoais
	26	Especialistas en organización da Administración pública e das empresas e na comercialización
	33	Técnicos sanitarios e profesionais das terapias alternativas
	37	Profesionais de apoio de servizos xurídicos, sociais, culturais, deportivos e afíns
	59	Traballadores dos servizos de protección e seguranza
	98	Peóns do transporte, descargadores e repositores
BAIXA <0,3	25	Profesionais en dereito
	29	Profesionais da cultura e o espectáculo
	12	Directores de departamentos administrativos e comerciais
	24	Profesionais das ciencias físicas, químicas, matemáticas e das enxeñarías
	27	Profesionais das tecnoloxías da información
	11	Membros do poder executivo e dos corpos lexislativos; directivos da A.P. e organizacións de interese social; directores executivos
	15	Directores e xerentes doutras empresas de servizos non clasificados baixo outras epígrafes
	22	Profesionais do ensino infantil, primario, secundario e postsecundario
	13	Directores de produción e operacións
	28	Profesionais en ciencias sociais
	23	Outros profesionais do ensino
	14	Directores e xerentes de empresas de aloxamento, restauración e comercio
	21	Profesionais da saúde

Fonte: Elaboración propia a partir de Meixide Vecino, A. (2018).

A continuación realizaremos unha análise máis detallada da probabilidade de dixitalización en Galicia. Tomaremos como referencia a probabilidade promedio nos últimos dez anos (2011-2020), e os tres rangos de probabilidade alta, media e baixa anteriormente definidos. Esta estrutura permítenos facer unha aproximación á media estatal, desenvolvida por BBVA Research (2018).

Tal como se observa na seguinte ilustración, partindo dos traballadores que de media no período 2011-2020 realizan diferentes actividades, en Galicia o 61,1% dos ocupados realizan actividades con probabilidade de dixitalización, dos que o 84,7% teñen unha probabilidade alta de dixitalización do seu posto de traballo.

A probabilidade de dixitalización é seis décimas superior á media estatal, o cal reflicte as diferencias na estrutura do mercado laboral en Galicia, onde as ocupacións con menor probabilidade (directores, xerentes, técnicos e profesionais científicos), teñen un peso comparativamente inferior á media do Estado. En Galicia, as ocupacións con baixa probabilidade acollen en termos relativos a menos traballadores que á media Estatal, en contraste coas ocupacións con probabilidade media que, en Galicia, teñen un peso ocupacional maior.

A principal variable que determina a probabilidade de dixitalización dun traballador, tal como se ven sinalando, é o tipo de tarefa que realiza, sendo as demais características, tais como xénero, idade, antigüidade, tipo de contrato… variables a ter en conta pero cunha influencia secundaria para explicar a probabilidade de dixitalización dun posto de traballo.

Táboa 51: Caracterización dos ocupados segundo probabilidade de dixitalización da ocupación que realizan

			Probabilidade media (2011-2020 %) Galiola				Distribución dos ocupados por grado de dixitalización (%)		
		Promedio (2011-2020 %) España *	Poboación afectada por dixitalización do seu posto de traballo (%)	Poboación afectada con probabilidade baixa (<30%)	Poboación afectada con probabilidade alta (>70%)	Poboación afectada con probabilidade media (70%>p>30%)	Baixa	Alta	Media
Idade	Total	60.5	61,1	4,9	84,7	10,4	100	100	100
	16-33		61,6	4,6	85,0	10,4	16,3	18,4	18,1
	34-40		60,9	5,0	82,7	12,3	20,0	19,4	23,5
	41-49		60,9	5,0	84,4	10,6	28,4	27,1	27,8
	≥50		61,0	5,1	85,9	9,0	33,5	32,4	27,7
Xénero	Home	61,9	62,6	4,1	84,0	11,9	45,0	53,3	63,2
	Muller	58,9	59,8	5,8	86,0	8,1	55,0	46,7	36,8
Nacionalidade	Española (ou dobre nacionalidade)	59,0	61,0	5,0	84,4	10,6	97,6	95,5	98,3
	Estranxeira	65,1	63,8	2,9	92,6	4,5	2,4	4,5	1,7
Nivel educativo (máximo acadado) promedio 2014-2020)	Analfabetos		73,8	-	100,0	-	-	0,1	-
	Estudos primarios		72,6	0,2	97,9	1,8	0,2	5,5	0,8
	Educación secundaria 1ª etapa		72,5	0,3	96,5	3,2	2,1	41,9	11,2
	Educación secundaria 2ª etapa		69,7	0,7	89,8	9,4	3,6	27,0	23,2
	Educación superior		47,0	14,4	65,3	20,3	94,2	25,6	64,7
Sector de actividade	Agricultura e pesca		78,6	0,3	97,8	1,9	0,5	10,1	1,6
	Industria		68,6	2,1	86,7	11,2	7,4	18,1	19,0
	Construción		69,8	1,5	90,8	7,7	2,4	8,4	5,8
	Servizos		56,9	6,7	81,7	11,6	89,7	63,4	73,6
Situación profesional	Traballadores independentes e empresarios (con ou sen asalariados)	55,9	60,2	22,7	69,7	7,7	20,6	20,7	15,0
	Asalariados do sector privado	64,4	66,4	11,6	76,6	11,8	34,4	67,2	68,6
	Asalariados do sector público	44,7	43,8	47,0	40,5	9,2	44,9	10,8	16,1
	Resto	59,3	74,4	3,1	94,3	2,2	0,1	1,3	0,2
Tipo de contrato (só asalariados)	Indefinido		60,7	5,2	82,8	12,0	78,8	74,4	81,3
	Temporal		62,6	4,4	87,2	8,5	21,2	25,6	18,7
Tipo de xornada	Completa	59,1	60,8	5,1	84,1	10,8	90,5	85,0	90,9
	Parcial	62,9	63,8	3,3	90,2	6,6	9,5	15,0	9,1
Antigüedade na empresa (anos)	≤2		64,4	3,3	87,4	9,3	14,4	22,4	19,5
	3 a 7		62,6	4,2	85,6	10,3	21,8	26,0	25,4
	8 a 15		61,1	4,9	85,0	10,1	23,0	23,0	22,2
	≥16		57,8	6,8	81,7	11,5	40,8	28,6	32,9
Nivel de responsabilidade	Empregado (con xefes e sen subordinados)		64,1	3,9	87,2	8,9	55,3	72,1	59,8
	Encargado, xefe de taller ou de oficina, capataz ou semellante		57,6	6,0	71,9	22,1	8,5	5,9	14,8
	Mando intermedio		39,1	19,2	47,6	33,2	11,6	1,7	9,5
	Director de pequena empresa, departamento ou sucursal		45,5	11,9	79,2	8,9	13,2	5,1	4,7
	Director de empresa grande ou media		26,5	30,8	63,2	6,0	1,3	0,2	0,1
	Ocupado independente		65,7	3,4	88,6	8,0	9,9	14,9	10,9
	NS/NC		57,4	5,8	84,3	9,9	0,2	0,2	0,2
Situación laboral hai 1 ano	Total								
	Traballando		60,7	5,1	84,3	10,6	95,1	90,9	93,1
	Parado		67,1	2,2	90,9	6,9	2,8	6,7	4,2
	Estudando		58,6	5,8	76,9	17,3	1,6	1,2	2,3
	Resto		65,2	2,9	92,6	4,4	0,4	0,7	0,3
	Non consta		67,5	2,3	93,1	4,6	0,2	0,5	0,2

*Os datos exhibidos están calculados coas medias probabilidades de dixitalización por ocupación ponderadas para o caso galego

Fonte: Elaboración propia a partir de datos EPA, Frey & Osborne (2013, 2017)

Os datos por idades non parecen amosar unha diferencia determinante en canto a probabilidade de dixitalización. En todos os rangos de idade estudados a probabilidade de dixitalización esta en torno ao 60% de media no período 2011-2020. Neste senso, o 32,4% e 27,1% dos traballadores galegos con alta probabilidade de dixitalización do seu posto de traballo teñen respectivamente máis de 50 anos, e entre 41 e 49 anos. A elevada idade media da poboación galega condiciona estes resultados.

Tomando como referencia a probabilidade media 2011-2020, o 59,8% das mulleres e o 62,6% dos homes en Galicia están en postos de traballo con probabilidade de dixitalización de todas ou parte das súas tarefas. Desta porcentaxe, o 86% das mulleres e o 84% dos homes teñen unha probabilidade alta de dixitalización nas súas ocupacións. A nivel estatal tamén se observa unha probabilidade de dixitalización maior para homes (61,9%) que para mulleres (58,9%). En ámbolos dous casos é inferior á porcentaxe media estimada para Galicia, sete décimas inferior para os homes, e nove décimas inferior para as mulleres.

Dentro das actividades con baixa probabilidade de dixitalización, as ocupacións con maior número de traballadores son os profesionais das ciencias físicas, químicas, matemáticas e das enxeñarías, os profesionais do ensino infantil, primario, secundario e postsecundario, e os profesionais da saúde. Os homes ocupados nestas actividades son o 8,3% do total de homes ocupados en Galicia de media no período 2011- 2020, acadando estas ocupacións o 13,5% do total de mulleres ocupadas.

No que respecta ás ocupacións cunha probabilidade alta de dixitalización, tal como se sinalou anteriormente, o 84% dos homes e o 86% das mulleres con ocupacións con probabilidade de dixitalización teñen unha probabilidade alta de dixitalización. Estas probabilidades son superiores á media estatal, sendo especialmente salientable o caso das mulleres cunha probabilidade case dous puntos porcentuais superior á media. O emprego feminino en Galicia está así máis polarizado nos extremos de maior e menor probabilidade, de xeito que só o 8,1% da poboación feminina en risco ten unha probabilidade media fronte ao 11,9% dos homes.

Tomando en consideración as ocupacións cun maior número de traballadores, dentro das ocupacións con alta probabilidade de dixitalización salientan no caso das mulleres as dependentas en tendas e almacéns, empregadas domésticas e persoal de limpeza, as empregadas en servizos de restauración e as empregadas administrativas con atención ao

público. Todas estas actividades, que empregan de media a 136.600 mulleres, representan máis do 27% das ocupadas en Galicia no período 2011-2020. Ademais, estas mesmas actividades acollen a 37.400 homes, o que representa tan só o 6,8% da poboación ocupada masculina total. No que respecta as ocupacións masculinas con alta probabilidade de dixitalización, destacan por peso relativo do número de ocupados os condutores de vehículos, traballadores da construción, representantes e axentes comerciais, traballadores en electricidade e mecánicos que ocupan a 135.600 homes. Isto representa o 24,7% dos homes ocupados totais en Galicia, cando nestas mesmas ocupacións traballan 12.500 mulleres, o que supón tan só o 2,5% da ocupación feminina total.

O nivel educativo, por outro lado, parece ser unha variable determinante da probabilidade de que o posto de traballo sexa tecnicamente automatizable. En termos globais, as tecnoloxías dixitais incrementan a demanda de traballadores máis cualificados e reducen as necesidades de traballadores con menores cualificacións. Isto é o que os economistas chaman un cambio tecnolóxico sesgado por habilidades, que favorece ás persoas con unha maior educación, formación e experiencia. Entre as habilidades máis valiosas están a creatividade, as habilidades interpersoais e de resolución de problemas.

Táboa 52: Poboación ocupada por sexo e grupo ocupacional (CNO11)